



**Centro Universitário de Brasília
Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento - ICPD**

KAROLINE CUNHA BLANCO

**COBERTURAS VERDES: APLICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE
MITIGAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL EM BRASILIA**

Brasília
2012

KAROLINE CUNHA BLANCO

**COBERTURAS VERDES: APLICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE
MITIGAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL EM BRASILIA**

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Pinto de Oliveira

Brasília
2012

KAROLINE CUNHA BLANCO

**COBERTURAS VERDES: APLICAÇÃO COMO ESTRATÉGIA DE
MITIGAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL EM BRASÍLIA**

Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para a obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo Pinto de Oliveira

Brasília, 12 de setembro de 2012.

Banca Examinadora



Orientador: Prof. Dr. Leonardo Pinto de Oliveira



Prof. Dr. Luiz Carlos Bhering Nasser



Profa. Dra. Tânia Cristina da Silva Cruz

**Aos meus pais, Maria Alexandra e Wilson Ricardo,
que me ensinaram que o conhecimento é o
responsável por abrir caminhos.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

- Primeiramente a **Deus**;
- Aos meus pais, **Maria Alexandra** e **Wilson Ricardo** e irmão, **Bruno**, que são minha força e inspiração;
- Ao **Leandro Naya** pela compreensão nos meus momentos de ausência;
- Ao professor e coordenador do curso de Análise Ambiental e Desenvolvimento Sustentável, **Luiz Nasser**, que esteve sempre presente e disposto a ajudar no que fosse preciso;
- As contribuições do orientador Professor **Leonardo Oliveira**;
- A todos os **professores** do curso de Análise Ambiental e Desenvolvimento que contribuíram para a minha formação nesta área;
- As colegas **Patricia Patriota**, **Daniele Gondek** e **Rosângela Barbosa** por todos os trabalhos realizados juntas que certamente contribuíram para este trabalho, além do convívio.
- A todos os demais **colegas** que estiveram juntos nesta jornada.

“Desde os tempos mais antigos o homem quis
subir nos telhados.” (Le Corbusier, 1927).

RESUMO

Esta pesquisa analisa o uso das coberturas verdes ao longo da história até os dias atuais. Propõe mostrar como elas se conceituam e como são utilizadas, apresentando as vantagens da adoção deste sistema em relação às questões ambientais, econômicas, sociais e estéticas. Além disso, apresenta diferentes tipos de coberturas verdes, constituindo um repertório adequado para a implementação no cenário brasileiro levando em consideração as características do local de implantação e suas características. Medidas isoladas vêm sendo tomadas para promover o uso de coberturas verdes no Brasil e estas foram reunidas neste trabalho assim como as que vêm sendo adotadas na capital, Brasília, e a sua eficiência através de uma análise das condicionantes e características da cidade. Para a realização deste trabalho foram analisadas bibliografias com temas correlatos que proporcionaram o desenvolvimento do trabalho e a apresentação da posição vantajosa em relação à adoção de coberturas verdes nos locais de estudo.

Palavras-chave: Economia Verde. Construções Sustentáveis. Redução do Consumo Energético. Pegada Ecológica. Brasil. Brasília.

ABSTRACT

This research presents the use of green roofs throughout history until today. Proposes to show how they conceptualize and how they are used, giving the advantages of adopting this system in relation to environmental, economic, social and aesthetic. Addition, it presents different types of green roofs, constituting a repertoire suitable for implementation in the Brazilian scenario taking into account the characteristics of the site and its features. Separate actions are being taken to promote the use of green roofs in Brazil and these were combined in this work as well as being adopted in the capital, Brasilia, and its effectiveness through an analysis of the conditions and characteristics of the city. For this work were analyzed with bibliographies related issues that led to the development and presentation of work from the vantage point in relation to the adoption of green roofs in the study sites.

Key words: Green Economy. Sustainable Buildings. Reduction of Energy Consumption. Ecological Footprint. Brazil. Brasília.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ilustração dos Jardins Suspensos da Babilônia	16
Figura 2 – Desenho Zigurate	16
Figura 3 – Desenho Arquitetura de Pueblos	17
Figura 4 – Imagem Terraço Villa Savoye	18
Figura 5 – Rockefeller Center, Nova York	19
Figura 6 – Derry and Toms Roof Garden	19
Figura 7 – Cobertura Verde em Hannover, Alemanha	20
Figura 8 – Cobertura Verde Intensiva	22
Figura 9 – Cobertura Verde Extensiva	23
Figura 10 – Cobertura Verde Semi-extensiva	24
Figura 11 - Perfil básico de um telhado verde com distribuição de camadas	25
Figura 12 – Grelhas de drenagem cobertura verde modular	26
Figura 13 – Instalação de módulos de grama	26
Figura 14 – Cobertura verde modular recém-instalada	26
Figura 15 – Cobertura Verde modular após 2 meses da instalação	26
Figura 16 – Membrana Anti-raízes	27
Figura 17 – Membrana Alveolar	27
Figura 18 – Membrana de Retenção de Nutrientes	27
Figura 19 – Vegetação	27
Figura 20 – Camadas sistema alveolar simples	28
Figura 21 – Membrana Anti-raízes	28
Figura 22 – Membrana Alveolar	28
Figura 23 – Membrana de Retenção de Nutrientes	29
Figura 24 – Grelha Tridimensional	29
Figura 25 – Substrato Leve	29
Figura 26 – Camadas sistema alveolar grelhado	29
Figura 27 – Camadas sistema alveolar modular	30
Figura 28 – Módulos de piso elevado	30

Figura 29 – Membrana de retenção	30
Figura 30 – Substrato leve fibroso	31
Figura 31 – Encaixe placas de grama	31
Figura 32 – Detalhe de lâmina de água com dreno lateral	31
Figura 33 – Esquema de reuso de água sistema laminar	32
Figura 34 – Balanço hídrico telhado verde e telhado convencional	36
Figura 35 – Escoamento telhado convencional e telhado verde extensivo	37
Figura 36 – Ilhas de calor urbanas: (a) perfil de ilha urbana de calor (LBL,2008) e (b) Ilha urbana de calor em Atlanta	38
Figura 37 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro. NBR 15.22-3	42
Figura 38 – Croqui Edifício MEC	45
Figura 39 – Terraço-Jardim Edifício MEC	45
Figura 40 – Terraço Hospital Sarah	46
Figura 41 – Acesso Central, Hospital Sarah	46
Figura 42 – Praça na Cobertura do Edifício Garagem do Aeroporto de Congonhas	47
Figura 43 – Gráfico de Precipitações em Brasília no ano de 2011	49
Figura 44 – Gráfico de Precipitações em Brasília no ano de 2012	50
Figura 45 – Carta Solar de Brasília com temperaturas	51
Figura 46 – Consumo de Energia Elétrica no Brasil	52
Figura 47 – Evolução dos Consumos Setoriais de Energia Elétrica no Brasil	53
Figura 48 – Participação dos Eletrodomésticos no Consumo Elétrico Residencial na Região Centro-Oeste	53
Figura 49 – Plano de Brasília	53
Figura 50 – Imagem Google SQS 108 e Gráfico de Materiais Urbanos	54
Figura 51 – Simulações da temperatura das superfícies nos períodos de seca e de chuva	55
Figura 52 – Escoamento e Picos de Drenagem de Cobertura Verde e outras Coberturas	55
Figura 53 – Suspenderam os Jardins	57
Figura 54 – Estudo Técnico Comparando Coberturas Verdes e Coberturas Convencionais	58

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 – Comparativo Coberturas Verdes Extensivas, Semi-Extensivas e Intensivas _____	21
Quadro 2 – Comparativo das Coberturas Modulares, Alveolares e Laminares _____	33
Quadro 3 – Comparação entre características ambientais do telhado verde e convencional baseadas na experiência de Portland-EUA _____	34
Quadro 4 – Plantas Cultivadas em Coberturas Verdes e Suas Características _____	48
Quadro 5 – Dimensionamento de Bloco _____	54

Tabela 1 – Influencia do substrato e da vegetação no escoamento dos telhados _____	36
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ATVBrasil – Associação Telhado Verde Brasil

°C – Graus Celsius (unidade de temperatura)

$C_6H_{12}O_6$ – Glicose (fórmula química)

cm – Centímetros (unidade de medida)

CO_2 – Gás Carbônico (fórmula química)

CODEPLAN – Companhia de Planejamento do Distrito Federal

d.C – Depois de Cristo

DEM/SP – Partido Democratas de São Paulo

GBC Brasil – Green Building Concil Brasil

H_2O – Água (formula química)

IAEE – Índice de Área Ecologicamente Efetiva

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

KJ – Kilojoule (unidade de medida)

LEED - Leathership in Energy and Enviromental Design

M² - Metros quadrados (unidade de medida)

mm – Milímetros (unidade de medida)

MEC – Ministério da Educação e Cultura

NASA – National Aeronautics and Space Administration

NBR – Norma Brasileira

O_2 – Oxigênio (fórmula química)

ONG – Organização Não Governamental

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1 AS COBERTURAS VERDES NA HISTÓRIA	15
2 O QUE SÃO E COMO PODEM SER UTILIZADAS AS COBERTURAS VERDES	20
2.1 Coberturas Intensivas, Extensivas e Semi-extensiva	20
2.1.1 <i>Coberturas Verdes Intensivas</i>	21
2.1.2 <i>Coberturas Verdes Extensivas</i>	22
2.1.3 <i>Coberturas Verdes Semi-extensivas</i>	23
2.2 Métodos Construtivos	24
2.2.1 <i>Coberturas Verdes Modulares, Alveolares e Laminares</i>	25
2.3 Vantagens da Utilização de Coberturas Verdes	34
2.3.1 <i>Vantagens Ambientais</i>	35
2.3.2 <i>Vantagens Econômicas</i>	39
2.3.3 <i>Vantagens Sociais</i>	40
2.3.4 <i>Vantagens Estéticas</i>	40
3 UTILIZAÇÃO DE COBERTURAS VERDES NO BRASIL	41
3.1 Zoneamento Bioclimático Brasileiro	41
3.2 Políticas Públicas no Brasil	43
3.3 Exemplo de Cobertura Verde no Brasil	45
3.3.1 <i>Edifício Gustavo Capanema, Rio de Janeiro</i>	45
3.3.2 <i>Centro de Reabilitação Infantil Sarah Kubitschek, Rio de Janeiro</i>	46
3.3.3 <i>Edifício Garagem do Aeroporto de Congonhas, São Paulo</i>	47
3.4 Exemplos de Vegetação que Pode ser Utilizada	47
4 UTILIZAÇÃO DE COBERTURAS VERDES EM BRASÍLIA	48
4.1 O Clima de Brasília	48
4.2 Políticas Públicas Adotadas em Brasília	51
4.3 Estudo de Caso nas Projeções Residenciais	51
4.3.1 <i>Definição da Área de Estudo</i>	53
4.3.2 <i>Caracterização do Estudo</i>	55
CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	60

ANEXO A – Tabela de Zonas Bioclimáticas	64
ANEXO B – Tabela de Estratégias	67
ANEXO C – Projeto de Lei N° 400/2011	68

INTRODUÇÃO

Cada vez mais a sociedade volta suas atenções para os problemas ambientais que ocorrem em todo o mundo. As interferências causadas pelos seres humanos são um dos principais motivos dos problemas ambientais que estão sendo vivenciados. Uma das tentativas de minimizar os impactos é através da redução dos efeitos causados pela construção civil buscando medidas que equilibrem o convívio entre seres humanos e natureza.

O presente estudo se propõe a analisar o uso das coberturas verdes tanto ao longo da história como em sua utilização atual, buscando as vantagens e contribuições que a adoção dessa medida pode apresentar em formas gerais, assim como, no território brasileiro e em sua capital, alvo do estudo.

Esta pesquisa tem por **objetivo geral** analisar as coberturas verdes e suas maneiras de aplicação e utilização, assim como, avaliar o uso deste tipo de solução em relação ao território brasileiro e a sua capital, Brasília, tendo como foco ser uma estratégia de redução dos impactos ambientais. Além disso, tem como **objetivos específicos**, elucidar a evolução das coberturas verdes ao decorrer da história, analisar as coberturas verdes assim como a sua aplicação, utilização e manutenção, enumerar tipos de coberturas verdes que podem ser utilizadas e suas formas de utilização, demonstrar benefícios da utilização de coberturas verdes e examinar a utilização de coberturas verdes no Brasil e em Brasília.

Para alcançar os objetivos mencionados foi feita uma revisão bibliográfica coletando as informações necessárias através de consultas a publicações que abordem temas relacionados. Tal pesquisa foi estruturada em quatro capítulos sendo que o **primeiro capítulo** apresenta a história das coberturas verdes em âmbito mundial, o **segundo capítulo** analisa a questão das coberturas verdes e como elas podem ser utilizadas, o **terceiro capítulo** aborda a utilização das coberturas verdes no Brasil e o **quarto capítulo** já é mais específico apontando aspectos da utilização das coberturas verdes em Brasília.

1 AS COBERTURAS VERDES NA HISTÓRIA

Desde a antiguidade o ser humano apresenta fascínio pela ocupação das alturas e os telhados jardim possuem evidências desde o início dos registros históricos (OSMUNDSON, 1999). De acordo com Almeida (2008), a história da ocupação das coberturas dos edifícios está intimamente ligada com as soluções estruturais que esse tipo de solução necessita, sendo assim utilizadas “desde os primórdios das construções” com diferentes objetivos, funções e significados. Este capítulo busca apresentar um panorama geral sobre a utilização das coberturas verdes ao decorrer da história.

Segundo Dunnett e Kingsbury (2008), os telhados verdes com funções ornamentais surgiram nas antigas civilizações dos vales dos rios Tigre e Eufrates e também na civilização romana. Os jardins suspensos da Babilônia são provavelmente o mais famoso telhado jardim, de acordo com Osmundson (1999) e Dunnett e Kingsbury (2008). E apesar de não haver evidências que possam comprovar a sua existência, acredita-se que foi construído pelo imperador Nabucodonosor II para consolar sua esposa que era originária de terras onde havia muita vegetação. Osmundson apresenta os relatos do historiador grego Diodorus Siculus que viveu no primeiro século d.C.:

O jardim possuía 30 metros de comprimento por 30 metros de largura e foi construído em níveis de forma a se assemelhar a um teatro. Valas foram construídas sob os terraços ascendentes suportando o peso do jardim. (SICULUS, apud OSMUNDSON, 1999, p.113)



Figura 1 – Ilustração dos Jardins Suspensos da Babilônia

Fonte: Disponível em:

<http://www.daviddarling.info/encyclopedia_of_history/H/Hanging_Gardens_of_Babylon.html> Acesso em: 20 nov. 2011.

Osmundson (1999) aponta os zigurates da antiga Mesopotâmia como sendo a primeira referência histórica do uso de jardins acima do nível do solo datando de aproximadamente 600 a.C. Ele descreve os zigurats como grandes pirâmides escalonadas de pedra que se localizavam nos pátios dos templos das maiores cidades. Há evidências arqueológicas de que haviam árvores e arbustos plantados nos degraus dessas pirâmides que possuíam o objetivo de suavizar a subida das enormes escadarias no clima abrasador da planície babilônica.



Figura 2 – Desenho Zigurate

Fonte: Disponível em: < <http://hantz-humanities-wiki.wikispaces.com/DJA>> Acesso em: 20 nov. 2011.

As coberturas verdes estiveram presentes em várias civilizações antigas como os Romanos e os Vikings (PARIZZOTO, 2010). De acordo com Peck (apud ALMEIDA, 2008), os vikings utilizavam camadas de gramado nas coberturas de suas casas com o objetivo de protegê-las de chuvas e ventos. Segundo Osmundson (1999), na cidade de Pompéia, império Romano, os telhados eram utilizados como espaços de convívio externos, o que pode ser percebido devido a esses terraços terem sido preservados pelas cinzas do vulcão Monte Vesúvio. Também foram encontradas evidência de sua utilização de coberturas verdes no México pré-colombiano, Índia, Espanha e Rússia durante os séculos XVI e XVII.

Dunnett e Kingsbury (2008) apontam o uso de gramas sobre telhados como uma característica da arquitetura vernacular de algumas regiões por séculos como na Escandinávia e nas áreas da Turquia, Iraque, Irã e países vizinhos. Esse tipo de telhado na Escandinávia tinha como objetivo reduzir a perda de calor durante os longos invernos.

A civilização índia que se desenvolveu no sudoeste dos Estados Unidos e posteriormente se distribuiu pelos estados do Novo México, Arizona e Colorado desenvolveram suas moradias adaptadas ao clima e também podem ser consideradas como uma forma de cobertura verde já que há solo e vegetação sobre esses assentamentos. “Os Pueblos foram constituídos por aglomerações que lembram formigueiros gigantes”. (BITTENCOURT, 2004). São habitações construídas nas encostas de pedras tendo como objetivo a garantia do conforto térmico. (LAMBERTS et. al, 1997).

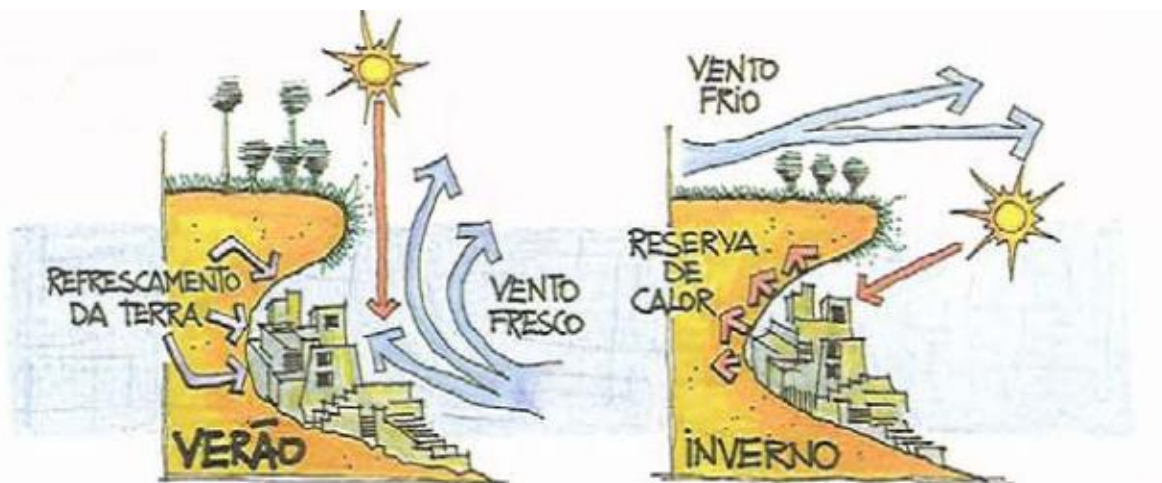


Figura 3 – Desenho Arquitetura de Pueblos
Fonte: Lamberts et. al, 1997.

No começo do século XX Frank Lloyd Wright e Le Corbusier já utilizavam telhados verdes em seus projetos. De acordo com Dunnnett e Kingsbury (2008) Le Corbusier talvez tenha sido o primeiro a utilizar as coberturas jardins com mais sistemática, isso a partir de 1920. Segundo Osmundson (1999), Le Corbusier abraçou o uso dos terraços jardins, sendo incluído por ele como um dos cinco elementos da arquitetura moderna, a quinta fachada. Em um de seus projetos mais conhecidos, a Villa Savoye (1928-31), podemos perceber o uso desse recurso. Frank Lloyd Wright fazia uso do telhado jardim como uma extensão das funções interiores do edifício. Nos seus projetos Midway Gardens, Chicago; Larkin Buildings, Nova York e Imperial Hotel, Toquio são utilizados os telhados jardins desta forma.



Figura 4 – Imagem Terraço Villa Savoye

Fonte: Disponível em: <<http://www.ultimatehouse.tv/article.php?id=2>> Acesso em: 20 nov. 2011.

De acordo com Osmundson (1999), antes da Segunda Guerra Mundial foram construídos dois telhados jardins que ainda são referência até os dias atuais, são eles o jardim Derry e Toms, em Londres e o Rockefeller Center, em Nova York, ambos construídos em 1930. O Rockefeller Center ainda hoje é considerado o telhado jardim mais famoso dos Estados Unidos. Seu idealizador foi Raynond Hood que propôs várias coberturas verdes conectadas por pontes, porém após sua morte apenas parte de seu projeto foi construído. O jardim Derry e Toms é obra do paisagista Ralph Hancock e em sua versão original possuía uma variedade de mais de 500 árvores e arbustos, no entanto, posteriormente a variedade de plantas foi simplificada. Segundo Dunnnett e Kingsbury (2008) o jardim Derry e Toms se distribui por 6000m² e é responsável por introduzir uma grande quantidade de pessoas para o uso das coberturas verdes.



Figura 5 – Rockefeller Center, Nova York
Fonte: Osmundson, 1999.



Figura 6 – Derry and Toms Roof Garden
Fonte: Disponível em: <<http://www.allrooftops.com/the-roof-gardens/>> Acesso em: 21 nov. 2011.

Lambers et al. (1997) cita que a partir de meados do séculos XX as coberturas verdes deixam de ser somente uma “prática da arquitetura vernacular remanescente” e passa a ser adotada como solução principalmente no Norte da Europa. Almeida (2008) contribui com o dado de que a partir de 1990 os usos das coberturas verdes passam a estar relacionadas com a influência das questões ecológicas na arquitetura. Ainda segundo Lamberts, a Alemanha é o país que mais se destaca na tecnologia dos telhados verdes onde a sua utilização se espalhou rapidamente a partir da década de 80 sendo estimuladas por legislações.

Estima-se que mais de 10% de todos os telhados planos da Alemanha possuem algum tipo de telhado vegetado, algo equivalente a 55 milhões de metros quadrados de área vegetada. (PECK; KUHN, apud PARIZOTTO FILHO, 2010, p.90)

Segundo Dunnet e Kingsbury (2008), não há dúvidas de que a Alemanha é o atual centro de atividades baseadas em coberturas jardins do mundo e essa evolução das coberturas verdes se deve ao desenvolvimento dos materiais utilizados na construção desse tipo de coberturas.



Figura 7 – Cobertura verde em Hannover, Alemanha

Fonte: Disponível em: <http://www.arq.ufsc.br/arq5661/trabalhos_2006-1/teto_jardim/> Acessado em: 21 nov. 2011.

Diante do exposto, o trabalho segue com a conceituação e exemplificação de formas de utilização das coberturas verdes nos dias atuais, assim como, as vantagens da adoção desta solução.

2 O QUE SÃO E COMO PODEM SER UTILIZADAS AS COBERTURAS VERDES

As coberturas verdes, coberturas ajardinadas ou telhados verdes consistem na utilização de uma cobertura vegetal sobre as edificações podendo ser implantadas sobre lajes ou sobre os próprios telhados de forma intensiva, extensiva ou semi-extensiva.

O uso de coberturas verdes é responsável pela melhoria do desempenho térmico das coberturas utilizando a inércia como estratégia térmica que através da evapotranspiração proporciona um microclima mais favorável. (LAMBERTS; TRAIANA, 2010)

2.1 Coberturas Intensivas, Extensivas e Semi-extensivas

De acordo as informações da Associação Internacional de Telhados Verdes (INGRA - International Green Roof Association, 2012) existem duas formas de utilização das coberturas verdes. Uma delas permite um jardim no terraço da edificação onde o proprietário poderá acessá-lo e usufruir a vista que ele o proporcionará e o outro é um habitat verde para a fauna e flora no interior da cidade. Ambos trazem benefícios tanto para a cidade quanto para os habitantes da edificação onde um desses tipos de coberturas foram implantados, e a escolha

deverá ser feita com base em um planejamento técnico onde deverá ser levado em consideração a estrutura da edificação, a manutenção, o tipo de vegetação que será utilizada, o tipo de substrato e o orçamento.

	<i>Cobertura Verde Extensiva</i>	<i>Cobertura Verde Semi-Extensiva</i>	<i>Cobertura Verde Intensiva</i>
Manutenção	Baixa	Periódica	Alta
Irrigação	Não	Periódica	Regularmente
Comunidades Vegetais	Musgos, Sedum, Herbáceas e Grama	Gramma, Herbáceas e Arbustos	Gramma Perene, Arbustos e Árvores
Sistema de Acumulação de Altura	60-200 mm	120-250 mm	150-400mm em garagens subterrâneas > 1000mm
Peso	60-150 kg/m ² 13-30 lb/sqft	120-200 kg/m ² 25-40 lb/sqft	180-500 kg/m ² 35-100 lb/sqft
Custo	Baixo	Médio	Alto
Uso	Camada de proteção ecológica	Telhado verde projetado	Parque como jardim

Quadro 1 – Comparativo Coberturas Verdes Extensivas, Semi-Extensivas e Intensivas

Fonte: INGRA, 2012.

2.1.1 Coberturas Verdes Intensivas

Almeida (2008) descreve as coberturas verdes intensivas como sendo as que necessitam de “estrutura complexa de implantação e uma grande manutenção” onde vários tipos de plantas podem ser utilizados, desde gramíneas até árvores e arbustos. Esse tipo de cobertura verde raramente é utilizado em grandes inclinações já que o seu peso a torna mais suscetível a deslizamentos.

A Associação Internacional de Telhados Verdes (INGRA, 2012) também aponta a maior necessidade de manutenção que as coberturas verdes intensivas necessitam. Além disso, também enfatiza o seu uso estético onde passarelas, bancos, playgrounds e até lagoas podem ser utilizadas como recursos adicionais ao jardim.

As coberturas verdes intensivas se assemelham aos estilos mais antigos de jardins de coberturas onde as pessoas podem fazer uso de uma forma mais

convencional de jardim e as plantas devem ser mantidas da mesma forma como se estivessem plantadas diretamente no solo. (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).



Figura 8 – Cobertura Verde Intensiva

Fonte: Disponível em: <http://obviousmag.org/archives/2009/06/telhados_verdes.html> Acesso em: 12 fev. 2012.

2.1.2 Coberturas Verdes Extensivas

As coberturas verdes extensivas se caracterizam por serem estruturas mais simples em que praticamente não se faz necessária a manutenção e intervenção humana. Normalmente não permite a sua utilização como área de lazer. Trata-se de um sistema mais leve por necessitar de menor quantidade de substrato e assim armazenar menos água, o que a torna mais viável economicamente. Geralmente são mais baratas que as coberturas intensivas tanto na construção quanto na manutenção (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).

Apesar das coberturas intensivas também apresentarem vários benefícios ambientais, as coberturas extensivas “são consideradas mais eco-eficientes, pois contribuem para o conforto ambiental e eficiência energética, sem despenderem grande quantidade de recursos externos para a sua construção e manutenção.” (ALMEIDA, 2008).

O uso de coberturas verdes extensivas é mais indicado nos casos em que as estruturas não agüentariam uma grande sobrecarga. Possuem uma camada de substrato menos profunda e com menor quantidade de nutrientes, o que restringe as espécies vegetais que podem ser utilizadas. Osmundson (1999) também acrescenta que as devem ser utilizadas plantas de crescimento baixo a médio e com raízes rasas ou gramíneas. As espécies vegetais para se adaptarem a esse uso devem ser tolerantes aos ventos, sol e seca como aponta a Associação Internacional de Telhados Verdes (INGRA, 2012). As espécies originárias de cada região e que já estão adaptadas ao clima do local são as mais indicadas para a construção das coberturas verdes.



Figura 9 – Cobertura Verde Extensiva – The School of Art Design, Nanyang University, Singapore
Fonte: Dunnett e Kingsbury, 2008.

2.1.3 Coberturas Verdes Semi-extensivas

As coberturas verdes semi-extensivas seriam o meio termo entre as intensivas e as extensivas, uma combinação entre os dois tipos de coberturas verdes. Se comparadas as extensivas elas necessitam de mais manutenção, os custos são mais elevados e o peso é maior, porém permitem que seja feito um paisagismo mais elaborado na área de acordo com a Associação Internacional de Telhados Verdes (INGRA, 2012).

Dunnett e Kingsbury (2008) questionam o porquê não associar as qualidades das coberturas intensivas com as das coberturas extensivas criando um tipo de cobertura híbrida em que as capacidades técnicas das coberturas extensivas estariam associadas às qualidades estéticas das coberturas intensivas.

O tema ecológico pode ser estendido ainda mais através da reciclagem de água, armazenamento de água e aproveitamento da energia solar e eólica disponível em abundância no nível dos telhados. Promoção da fauna, biodiversidade e habitat não têm de ser restrito aos telhados invisíveis e inacessíveis - mais uma vez há muito potencial para abordagens criativas que maximizem os benefícios para ambas as pessoas e a natureza. O futuro dos telhados verdes será um futuro híbrido, onde os melhores elementos de todas as tradições são combinados para criar ambientes sustentáveis nos telhados em todos os contextos. (DUNNETT; KINGSBURY, 2008, p.7)



Figura 10 – Cobertura Verde Semi-extensiva – Chicago City Hall

Fonte: Disponível em: <<http://www.worldbusinesschicago.com/newsletters/email.Sept06.htm>> Acesso em: 15 fev. 2012.

2.2 Métodos Construtivos

A estrutura que compõe os telhados verdes varia de acordo com a tecnologia utilizada em cada caso e existem inúmeras técnicas que estão em processo de desenvolvimento e aprimoramento. Ohnuma (2008) apresenta como composição básica da estrutura das coberturas verdes os quatro elementos:

- Estrutura de apoio impermeabilizada que é o apoio principal com uma camada impermeabilizante que impede infiltrações.
- Geomanta que tem como objetivo impedir a passagem de substratos e reter a água nas camadas superiores.
- Substrato que consiste na camada suporte da vegetação fornecendo os nutrientes necessários para o desenvolvimento das espécies vegetais.

- Vegetação que é a camada vegetada sobre a laje ou telhado.

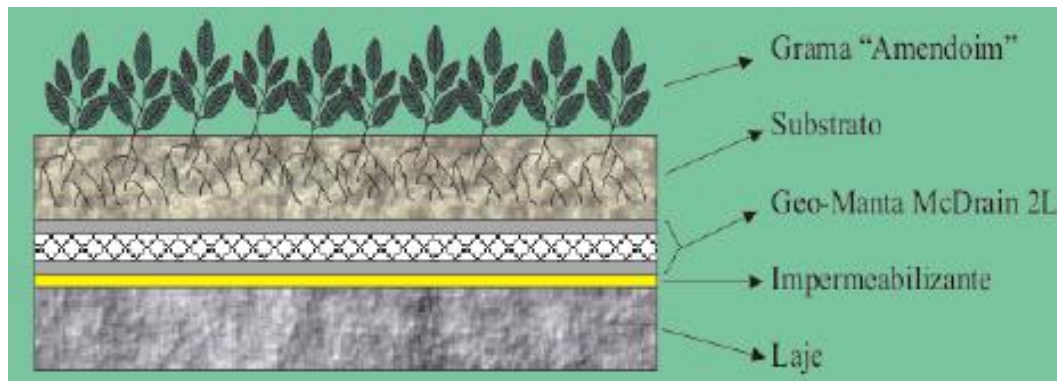


Figura 11 - Perfil básico de um telhado verde com distribuição de camadas
 Fonte: Lima et. al, apud Ohnuma, 2008.

Almeida (2008) acrescenta na estrutura base das coberturas verdes a camada de proteção térmica e a camada de drenagem que consistem respectivamente em uma camada isolante que ajuda na manutenção do ambiente interno com temperaturas mais amenas e a camada que permite o escoamento das águas excedentes. A inclinação das coberturas é decisiva na escolha do sistema de drenagem a ser adotado sendo que com inclinações menores de 5% o filtro Geotêxtil se faz necessário. Normalmente a camada de drenagem é constituída por materiais porosos e de grande granulometria como argila expandida, areia ou vermiculita.

2.2.1 Coberturas Verdes Modulares, Alveolares e Laminares

D'Elia (2009) aponta como sendo as mais modernas tecnologias de coberturas verdes disponíveis no mercado as coberturas verdes modulares, as coberturas verdes alveolares e as coberturas verdes laminares. Assim, esse módulo, do capítulo de métodos construtivos, busca esclarecer melhor como são desenvolvidas essas formas de coberturas verdes e facilitar a compreensão do funcionamento dessas técnicas.

De acordo com os dados da empresa Ecotelhado (2011) o **Sistema Modular** é composto por módulos aonde a vegetação já vem previamente plantada sobre uma membrana anti-raízes e uma membrana de retenção de nutrientes. É um método de instalação rápida e que pode ser instalado praticamente sobre qualquer telhado ou laje. Possui como vantagens a baixa manutenção, o baixo peso, evita a

erosão do substrato nutritivo, facilidade e rapidez na instalação, boa drenagem, boa aeração das raízes a facilidade no transporte.



Figura 12 – (1) Grelhas de drenagem cobertura verde modular
Fonte: D'Elia, 2009.



Figura 13 – (2) Instalação de módulos de grama
Fonte: D'Elia, 2009.



Figura 14 – (3) Cobertura verde modular recém-instalada
Fonte: D'Elia, 2009.



Figura 15 – (4) Cobertura Verde modular após 2 meses da instalação
Fonte: D'Elia, 2009.

O **Sistema Alveolar** também é constituído por módulos, porém esses módulos possuem subdivisões que são preenchidos com o substrato e funcionam como xaxins artificiais. Esses alvéolos podem receber forrações de baixo porte ou grama e são recomendados para telhados de baixa declividade ou lajes planas de acordo com D'Elia (2009). O sistema alveolar também é responsável por uma ótima reserva de água.

Quando saturada a planta, ela deixa vazar o excedente pelas laterais da placa, que possui espaços vazios na parte inferior, conduzindo esse excedente em toda a extensão da laje até o ralo de drenagem. Assim, a laje se mantém sem umidade ficando a água toda retida na parte superior da placa (FEIJÓ, apud D'ELIA, 2009, p.7)

A empresa Ecotelhado subdivide as coberturas verdes alveolares em três subcategorias. A primeira seria o **Sistema Alveolar Simples** que se estrutura nos seguintes passos: Primeiro é colocada a membrana anti-raízes conforme ilustrada na Figura 16, em seguida vem a camada alveolar (Figura 17) que retém água e forma canais drenantes sob a mesma. A próxima camada, ilustrada na Figura 18, é a membrana de retenção de nutrientes. Para finalizar os alvéolos são preenchidos com substrato e a vegetação é colocada (Figura 19).



Figura 16 – Membrana Anti-raízes
Fonte: Ecotelhado, 2011



Figura 17 – Membrana Alveolar
Fonte: Ecotelhado, 2011



Figura 18 – Membrana de Retenção de Nutrientes
Fonte: Ecotelhado, 2011



Figura 19 – Vegetação
Fonte: Ecotelhado, 2011

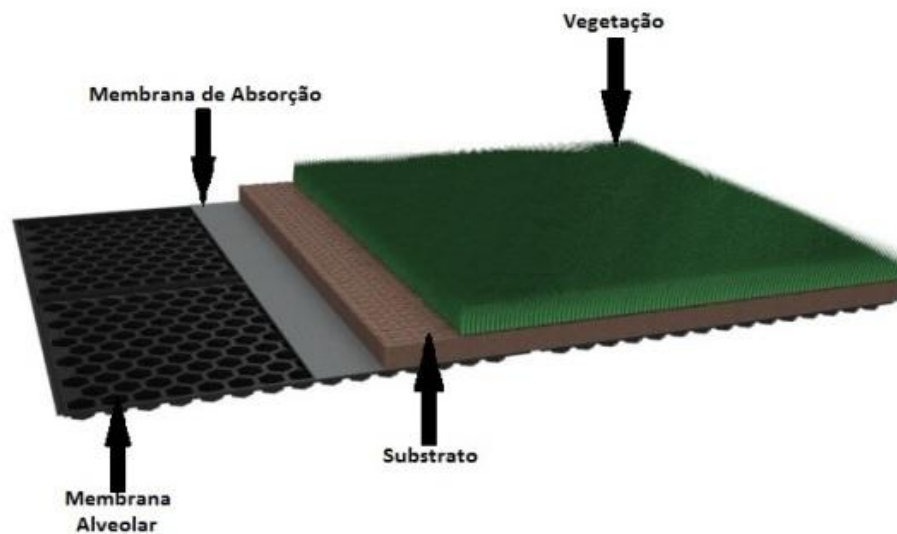


Figura 20 – Camadas sistema alveolar simples
Fonte: Ecotelhado, 2011

A segunda subdivisão é o **Sistema Alveolar Grelhado** que permite o plantio de maior variedade de espécies vegetais, incluído as espécies nativas de cada região. A composição do seu sistema é feita através dos seguintes passos: Inicialmente é colocada a membrana anti-raízes conforme apresentação na Figura 21. O segundo passo é a instalação da membrana alveolar assim como no sistema alveolar simples (Figura 22). Em seguida é disposta a membrana de retenção de nutrientes (Figura 23) seguida pela grelha tridimensional (Figura 24). A finalização é feita pelo substrato leve conforme Figura 25.



Figura 21 – Membrana Anti-raízes
Fonte: Ecotelhado, 2011



Figura 22 – Membrana Alveolar
Fonte: Ecotelhado, 2011



Figura 23 – Membrana de Retenção de Nutrientes
Fonte: Ecotelhado, 2011



Figura 24 – Grelha Tridimensional
Fonte: Ecotelhado, 2011



Figura 25 – Substrato Leve
Fonte: Ecotelhado, 2011.

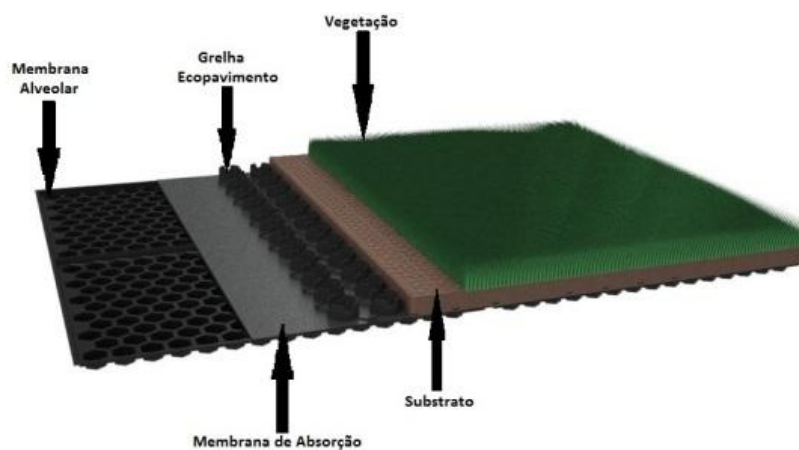


Figura 26 – Camadas sistema alveolar grelhado
Fonte: Ecotelhado, 2011.

A terceira subdivisão é o **Sistema Alveolar Modular** que consiste em instalar os módulos já prontos de coberturas vegetais sobre a laje que deve ser recoberta por membrana anti-raízes, membrana alveolar e membrana de retenção assim como as outras duas formas de sistema alveolares já explicitados aqui. Assim como o sistema alveolar grelhado, permitem que uma maior variedade de espécies vegetais sejam utilizadas inclusive espécies nativas da região onde será implantado.

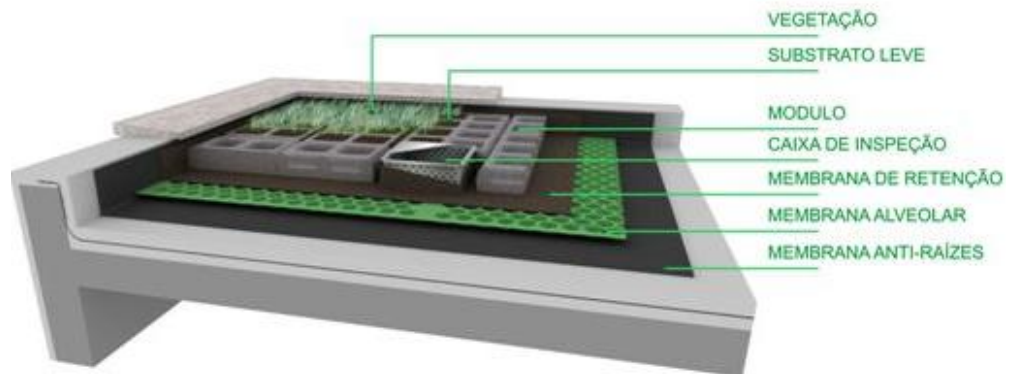


Figura 27 – Camadas sistema alveolar modular
Fonte: Ecotelhado, 2011.

Outra forma de estruturação das coberturas verdes é o **Sistema Laminar** que se caracteriza por possuir uma lâmina d'água sob o piso elevado que garante o suprimento para o jardim e, além disso, essa água pode ser reutilizada em funções da edificação em que esse tipo de cobertura foi instalada. D'Elia (2009), mostra como é a instalação de uma cobertura verde através do sistema laminar. Primeiramente os módulos de piso elevado são colocados sobre a laje impermeabilizada (Figura 28), em seguida é colocada a membrana de retenção (Figura 29). O próximo passo é a colocação de um substrato leve fibroso (Figura 30) e posteriormente são encaixadas as placas de grama (Figura 31).



Figura 28 – (1) Módulos de piso elevado
Fonte: D'Elia, 2009



Figura 29 – (2) Membrana de retenção
Fonte: D'Elia, 2009



Figura 30 – (3) Substrato leve fibroso
Fonte: D'Elia, 2009

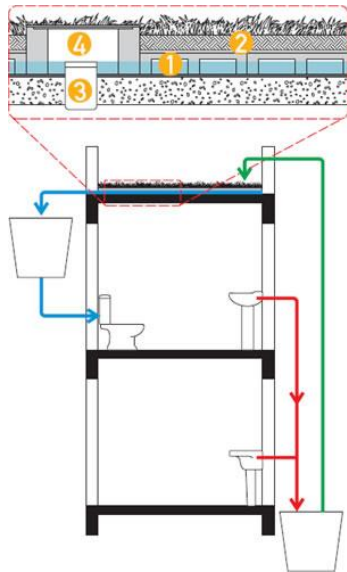


Figura 31 – (4) Encaixe placas de grama
Fonte: D'Elia, 2009



Figura 32 – (5) Detalhe de lâmina de água com dreno lateral.
Fonte: D'Elia, 2009.

D'Elia (2009) também aponta como esse sistema pode funcionar no caso de reuso da água. O desenho esquemático a seguir mostra como ocorre o fluxo para a reutilização das águas no sistema laminar.



Os módulos **1** são posicionados sobre a laje impermeabilizada com os vasos para baixo, e depois cobertos com uma manta que os separa das raízes, sobre a qual se dispõe uma camada de substrato fibroso **2**. Ali se planta a grama. Porosos, eles são feitos de um material rígido que retém a umidade e os nutrientes e permite a passagem da água. Regulada por um ladrão **3**, a lâmina de água mantém-se em 4 cm. Para facilitar a manutenção, que deve ocorrer duas vezes ao ano, o ralo sifonado fica dentro de uma caixa de inspeção **4**. A água dos chuveiros e das pias é filtrada num reservatório e então bombeada até o telhado para a rega da grama, responsável por uma nova filtragem. Então, escoar para o sistema laminar, que a redireciona para as descargas. (D'ELIA, 2009, p.6)

Figura 33 – Esquema de reuso de água sistema laminar
Fonte: D'Elia, 2009.

Para facilitar a visualização dos tipos de coberturas verdes que foram apresentados foi criado um quadro demonstrativo (Quadro 2) comparando as principais características e os sistemas construtivos das coberturas, modulares e alveolares e laminares que foram apresentadas neste trabalho como sendo as mais modernas tecnologias de coberturas verdes disponíveis no mercado atualmente, segundo D'Elia (2009).

TIPO	SUBDIVISÕES	IMAGENS	PECULIARIDADES	UTILIZAÇÃO DE MÓDULOS	VEGETAÇÃO	LOCAL DE INSTALAÇÃO	DRENAGEM	MANUTENÇÃO
MODULARES	Sistema Modular		Vegetação previamente Plantada (módulos já prontos)	Módulos previamente plantados	Vegetação previamente plantada	Qualquer telhado ou laje	Boa drenagem	Necessita de pouca manutenção
	Sistema Alveolar Simples		Não possui grelha tridimensional*	Módulos subdivididos que funcionam como xaxins artificiais (alvéolos)	Podem receber forração de baixo porte ou grama, inclusive espécies nativas	Telhados de baixa declividade ou lajes planas	Ótima reserva d'água	Necessita de pouca manutenção
ALVEOLARES	Sistema Alveolar Grelhado		Possui grelha tridimensional*					
	Sistema Alveolar Modular		Módulos já prontos					
LAMINARES	Sistema Laminar		Lamina d'água sob piso elevado	Módulos com lamina d'água sob piso elevado	Podem receber forração de baixo porte ou grama	Lajes	Ótima reserva d'água (lamina d'água sob cobertura verde)	Necessita de pouca manutenção

* Grelha - Permite maior estabilidade do substrato impedindo deslizamentos.

Quadro 2 – Comparativo das Coberturas Modulares, Alveolares e Laminares

Fonte: Próprio Autor, com Imagens de D'Elia, 2009 e Ecotelhado, 2011

2.3 Vantagens da Utilização de Coberturas Verdes

O uso de coberturas verdes nas edificações pode proporcionar várias vantagens tanto para o ambiente urbano como um todo como individualmente para cada edificação que adota essa solução. De acordo com Minke (apud ALMEIDA, 2008) se todas as edificações fizessem uso das coberturas verdes, a quantidade de áreas verdes existentes alcançaria quase o dobro do que a alcançada com o uso de coberturas comuns.

As plantas têm capacidade de absorver o gás carbônico, fixar o carbono nele contido e liberar o oxigênio, assim ajudando a reequilibrar os percentuais de gases na atmosfera. Complementarmente, também reduzem o aquecimento das superfícies por utilizar parte da radiação solar incidente no seu processo de fotossíntese. (ALMEIDA, 2008, p.1)

Assunto	Telhado Verde	Telhado Convencional
Retenção de Volume	10-35% durante a época chuvosa, 65-100% durante a época seca	Nenhuma
Mitigação da Vazão de Pico	Redução dos picos de escoamento de chuvas intensas	Nenhuma
Mitigação da Temperatura	Todas as Chuvas	Nenhuma
Melhoria da Qualidade da Água	Retém a deposição atmosférica e retarda a degradação dos materiais que compõem o telhado, menores volumes menor carreamento de poluentes	Não
Qualidade do ar	Filtra o ar, previne o aumento da temperatura, armazena carbono.	Nenhuma
Conservação de Energia	Isolamento das construções, redução dos impactos das ilhas de calor urbanas	Nenhuma
Vegetação	Permite evotranspiração sazonal, promove a fotossíntese, o oxigênio, o balanço de carbono hídrico	Nenhuma
Espaço Verde	Realoca espaços verdes perdidos com as edificações, no entanto não equivalente a uma floresta	Nenhuma
Bônus no Zonamento de Área de Piso	3 ft ² (0,3m ²) de coeficiente de área de pavimento adicional para cada ft ² (0,09 m ²) de Telhado Ecológico quando a construção cobrir mais de 60%	Nenhuma
Redução das Taxas de Drenagem Urbanas	Pode chegar a 45%	Nenhuma
Aprovado como medida de Gestão de Água de Chuva	Para todas as necessidades atuais das cidades	Não
Habitat	Para insetos e pássaros	Nenhuma
Habitabilidade	Amortece ruídos, elimina luzes ofuscantes, alternativa estética, oferece recreação passiva	Nenhuma
Custos	Altamente viável entre 54-130 US\$/m ² para novas construções, e 75-215 US\$/m ² para reforma	Altamente viável entre 22-107 US\$/m ² para novas construções, e 43-161 US\$/m ² para reforma
Custos Compensáveis	Redução de equipamentos de chuva, economia de energia, aumento do valor do aluguel e da propriedade, redução da necessidade do uso de materiais isolantes, redução do volume de esgoto, criação de indústrias e empregos	Nenhum
Durabilidade	Membrana impermeável protegida da ação da temperatura e da exposição solar dura mais de 36 anos	Pouca proteção, exposição aos elementos, dura menos de 20 anos

Quadro 3 – Comparação entre características ambientais do telhado verde e convencional baseadas na experiência de Portland-EUA.

Fonte: Liptan; Streckers, 2003.

Este módulo será dividido conforme o tipo das vantagens proporcionadas pelas coberturas verdes para a melhor explanação das várias áreas que podem ser atingidas com a adoção dessas coberturas. A divisão adotada foi em vantagens relacionadas à área ambiental, vantagens econômicas, vantagens sociais e vantagens estéticas.

2.3.1 Vantagens Ambientais

O uso de coberturas verdes pode ter grande importância para a manutenção de um ecossistema saudável especialmente em áreas em que há grande quantidade de construções. Segundo informações de Osmundson (1999) os telhados verdes são de extrema importância na manutenção da qualidade do ar nas áreas urbanas. Além disso, também contribui na moderação climática, reduzindo as ilhas de calor, e reduzindo a vazão das águas das chuvas, já que retém parte dessas águas desacelerando a sua chegada aos corpos d'água e as galerias.

Outra importante vantagem das coberturas verdes na área ambiental é mostrada por Dunnett e Kingsbury (2008) como sendo o aumento da biodiversidade nas áreas urbanas, já que com a urbanização os ecossistemas da área são destruídos. A presença de vegetação nas coberturas atrai pássaros e insetos que acabam trazendo sementes e outros tipos de vegetação para a área e contribuindo para a geração de um meio natural de biodiversidade sobre as edificações. Almeida (2008) também descreve a importância das coberturas verdes em relação à biodiversidade, inclusive conectando essas áreas de cobertura com os parques, praças e praias que possuem uma biodiversidade própria. Mas também alerta que a criação de novos ecossistemas também pode ser prejudicial quando atrai insetos e pássaros que possam transmitir doenças aos seres humanos. Logo, as espécies vegetais a serem utilizadas devem ser muito bem escolhidas para evitar esse tipo de transtorno.

Ohnuma (2008) afirma ser imprescindível a consideração de aspectos que relacionam às coberturas verdes a drenagem. Assim como Dunnett e Kingsbury (2008) apontam o potencial das coberturas verdes no retardamento no escoamento superficial das águas diminuindo os impactos gerados pela falta de infiltração das águas da chuva como enchentes e sobrecarregamento das galerias de águas

pluviais e corpos hídricos. Além disso, ainda contribui para o aumento da infiltração reabastecendo os reservatórios de águas subterrâneas, aumenta a evapotranspiração contribuindo para o microclima e ciclo das águas e ainda pode ser reutilizada nas atividades domésticas.

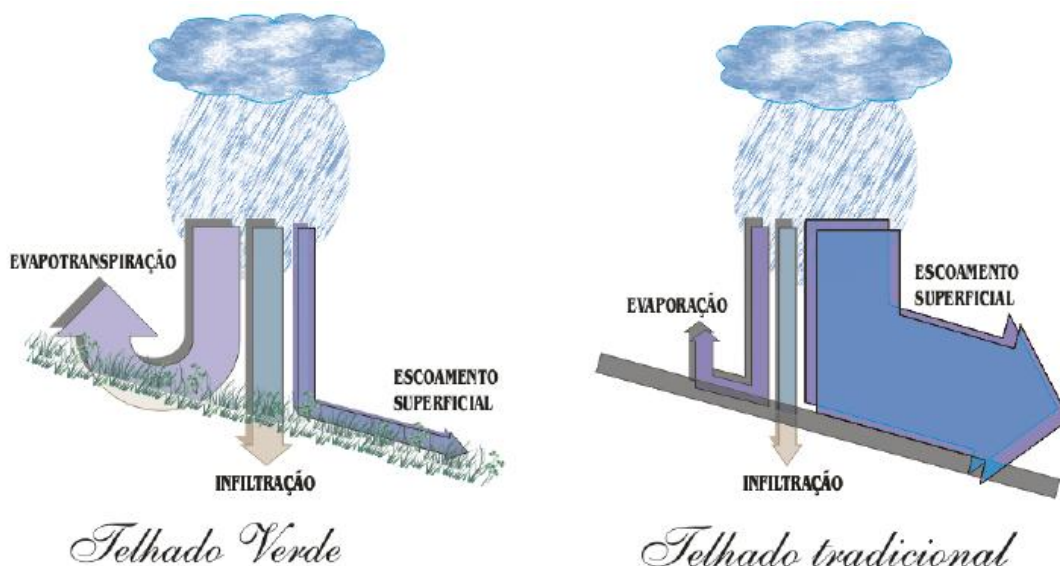


Figura 34 – Balanço hídrico telhado verde e telhado convencional

Fonte: Ohnuma, 2008

As coberturas vegetais podem diminuir os altos picos de fluxo de água da chuva através da sua capacidade de retenção de água. Uma cobertura vegetal com 20 cm de substrato, composto por argila expandida e terra tem a capacidade de armazenar 90 mm de água (equivalente a 90 litros de águas por metro quadrado). (DURR apud ALMEIDA, 2008).

Tabela 1 – Influencia do substrato e da vegetação no escoamento dos telhados

Tipo de Telhado	Escoamento (mm)	Escoamento (porcentagem)
Padrão	665	81
Padrão com 5cm de cascalho	636	77
Telhado verde com 5cm de substrato	409	50
Telhado verde com 10 cm de substrato	369	45
Telhado verde com 15cm de substrato	329	40

Fonte: Dunnett e Kingsbury, 2008

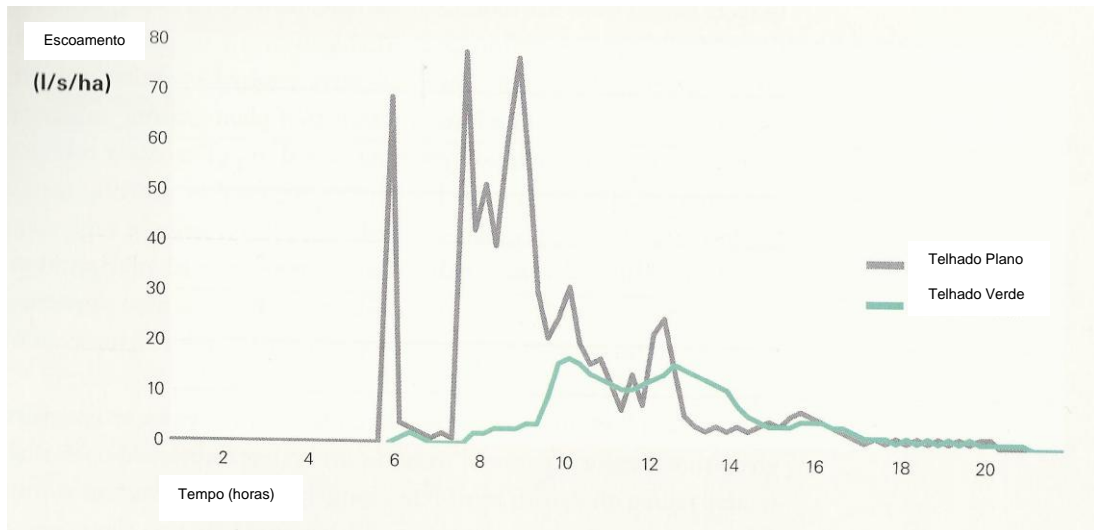


Figura 35 – Escoamento telhado convencional e telhado verde extensivo
 Fonte: Dunnnett e Kingsbury, 2008

O uso de vegetação nos centros urbanos é um poderoso aliado em relação à filtragem do ar desses locais. Através do processo da fotossíntese¹ as plantas absorvem o gás carbônico presente na atmosfera transformando-o em oxigênio essencial para a sobrevivência de vários seres vivos inclusive o ser humano.

A vegetação nas áreas urbanas também é de relevante importância quando se trata de filtrar as partículas em suspensão no ar que podem causar doenças respiratórias a população. Essas partículas são capturadas pelas estruturas dos vegetais. De acordo com Dunnnett e Kingsbury (2008) as coberturas verdes são bastante eficazes quando se trata de redução da poluição do ar e seqüestro de carbono.

Outra característica muito importante da vegetação nos centros urbanos é a de redução das ilhas de calor que são causadas pelo excesso de matérias que retém a radiação solar. De acordo com Romero (2001), a vegetação reduz consideravelmente o armazenamento calorífero nas cidades e define como “ilhas de calor” o fato da temperatura do ar em áreas densamente urbanizadas serem mais altas do que nos arredores rurais. Além disso, cita como fatos que contribuem para o desenvolvimento das ilhas de calor:

¹ Processo no qual seis moléculas de CO₂ (gás carbônico) e seis molécula de H₂O (água), mediante um consumo de energia de 2,83 KJ, produzem uma molécula de C₆H₁₂O₆ (glicose) e seis moléculas de O₂ (oxigênio). (Fonte: ALMEIDA, 2008)

1. Diferenças na média da radiação entre a área urbana e as imediações; em particular, a baixa taxa de esfriamento radiante durante as noites.
2. A estocagem de energia solar na massa dos edifícios da cidade durante o dia cedida à atmosfera durante a noite.
3. Concentração de geração de calor pelas atividades que têm lugar na área urbana.
4. Baixa evaporação desde o solo e a vegetação na área urbana construída, quando comparada com a área rural aberta.
5. Fontes de calor estacionais: calefação no inverno e ar condicionado no verão; tudo é cedido ao ar urbano. (ROMERO, 2001, p.90)

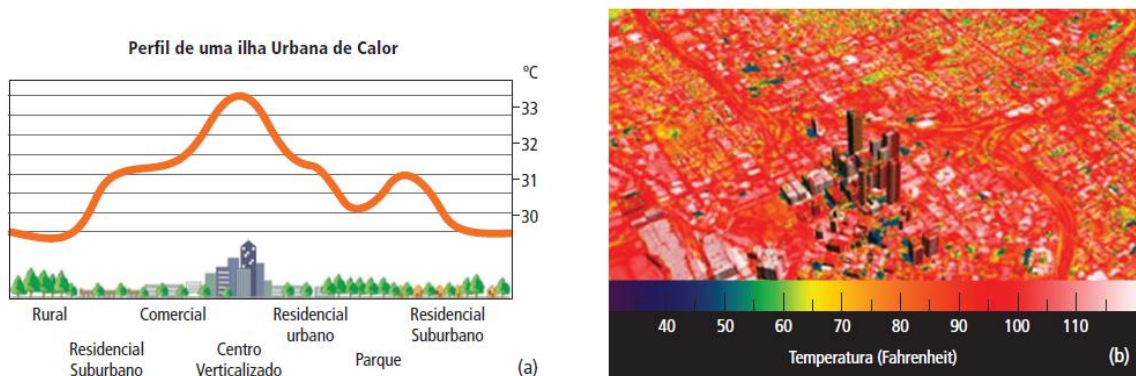


Figura 36 – Ilhas de calor urbanas: (a) perfil de ilha urbana de calor (LBL, 2008) e (b) Ilha urbana de calor em Atlanta (NASA, 2008)
Fonte: Parizotto Filho, 2010.

As formas geométricas e os materiais utilizados nos telhados das edificações são preponderantes na quantidade de energia que essa superfície irá absorver e o uso de vegetação sobre essas edificações tem o objetivo de amenizar essa absorção de energia pelos materiais, mantendo mais amena a temperatura tanto da edificação quanto do conjunto urbano quando utilizada em maior escala.

De acordo com os estudos de Dunnett e Kingsbury (2008), os telhados que são pintados de branco, para refletir a luz solar são mais eficientes nesse aspecto, porém a vegetação utilizada nas coberturas, além de refletir a radiação solar, também possui a função de reduzir a absorção de calor e a sua eficiência em relação a essas duas funções é superior a maioria dos produtos utilizados nas coberturas convencionalmente.

2.3.2 Vantagens Econômicas

As vantagens econômicas de se implantar coberturas verdes nas edificações podem ser muitas, começando pelo valor arquitetônico e projetual que esse elemento acrescenta a obra. A cobertura passa a ser um espaço utilizável e deixa de ser apenas uma área funcional na composição do projeto, com isso a área útil e área vendável do edifício são maiores gerando até mesmo mais lucros.

A utilização de vegetação nas coberturas também conta pontos relacionados à sustentabilidade em programas relacionados à eficiência ambiental como o *LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)*. As edificações que possuem certificações ambientais como esta também agregam valor econômico devido a sua importância mundial em relação à busca por sustentabilidade nas construções.

Outra vantagem econômica extremamente importante que é apontada tanto por Osmundson (1999) como por Dunnett e Kingsbury (2008) é a economia de energia que pode ser a maior incentivadora para a adoção das coberturas verdes. O uso das coberturas verdes reduz a temperaturas nas edificações diminuindo a necessidade de tecnologias de resfriamento como ar-condicionado. Se a temperatura do ar interno for reduzida 0,5°C a eletricidade utilizada para utilização do ar condicionado pode ser reduzida até 8%. (DUNNETT; KINGSBURY, 2008).

Além disso, as coberturas verdes aumentam a durabilidade dos materiais utilizados sob ela nas coberturas. Muitas pessoas, tanto leigos quanto profissionais, acreditam que o uso de vegetação nas coberturas pode comprometer a impermeabilização e gerar vazamentos e rachaduras, porém se o sistema for implantado adequadamente as coberturas verdes possuirão um excelente custo benefício. A exposição de materiais betuminosos ao calor acelera o seu envelhecimento reduzindo assim a sua durabilidade. Os raios ultravioletas ainda podem causar alterações em sua composição química causando degradação das suas propriedades mecânicas. As membranas expostas à radiação solar criam stress termal devido às variações de temperatura que sofrem durante o dia e isso ocasiona perda da propriedade de proteção contra infiltrações.

Existem outras formas de se proteger as coberturas da degradação ocasionada pela exposição à radiação solar, como a utilização de coberturas

brancas. As coberturas verdes são bastante eficientes na proteção dos materiais de cobertura uma vez que a vegetação retém parte da radiação e reflete a outra, não permitindo a influencia dos raios nos materiais betuminosos e membranas impermeabilizantes.

As coberturas verdes já estão sendo utilizadas em alguns países para a produção de alimentos. A desvantagem desta utilização é que dependendo do grau de poluição do local onde este telhado foi implantado, as frutas e verduras podem absorver a poluição atmosfera oferecendo risco aos consumidores (SILVA, 2011).

2.3.3 Vantagens Sociais

Além de todas as vantagens funcionais que as coberturas verdes podem proporcionar as edificações e as cidades, Osmundson (1999) ainda aponta algumas vantagens relativas à sociedade que irá desfrutar deste artifício. Segundo ele as coberturas verdes são “como ilhas de paz em meio à selva urbana” proporcionando maior bem estar aos seus usuários. Também aponta a vocação que esses espaços podem ter para agrupar pessoas e promover um senso de comunidade nessas sociedades. São importantes áreas de recreação em meio à falta de espaço que as cidades enfrentam hoje.

As coberturas verdes também podem ser responsáveis pela geração de emprego e renda com o cultivo de plantas medicinais, plantas ornamentais, temperos e até mesmo legumes e verduras que são comercializados gerando um novo seguimento econômico. De acordo com os estudos de Tomaz (apud SILVA, 2011), alimentos já são cultivados nos telhados da Rússia, Tailândia, Colômbia, Haiti e Canadá.

2.3.4 Vantagens Estéticas

Le Corbusier insere as coberturas como sendo o quinto elemento arquitetônico, um dos “cinco pontos para uma nova arquitetura”, formulados em 1926, e que deveria assim como as fachadas, receber tratamento adequado. Corbusier apresentava interesse por projetos de jardins como pode ser revelado nos tetos de muitas de suas casas mais famosas. (MASCARÓ, 2008).

As coberturas dos edifícios podem ser avistadas de edifícios mais altos, sendo a quinta fachada algo extremamente importante na composição da paisagem. As coberturas verdes além de proporcionarem espaços agradáveis aos seus freqüentadores, ainda proporcionam valor estético para quem as admira tanto de áreas próximas quanto de áreas mais elevadas além da atribuição de valores sustentáveis que geram.

A instalação destes pulmões verdes nas lajes constituem intervenções pontuais que não afetam a estrutura física nem a dinâmica própria da cidade e são, antes de tudo, uma opção livre de seus habitantes para melhorar ativamente a qualidade de vida nela, trazendo e incorporando a natureza a sua essência e expectativas positivas de progresso ao outorgar aos edifícios estas fachadas que olham para o céu. (MASSAD; YESTE, 2008, p.3)

3 UTILIZAÇÃO DE COBERTURAS VERDES NO BRASIL

No Brasil, a tecnologia dos telhados verdes é praticamente desconhecida tendo havido apenas uma pequena difusão com os conceitos de terraço jardim de Le Corbusier, porém ele apenas explorava a parte estética das coberturas verdes. Existem poucas pesquisas e poucos projetos que tem como foco as coberturas verdes no Brasil gerando assim grande falta de conhecimento por parte dos setores industriais, órgãos governamentais e população a cerca deste assunto. (PARIZZOTO FILHO, 2010)

3.1 Zoneamento Bioclimático Brasileiro

O território brasileiro, por ser muito vasto, apresenta uma grande variedade de climas que devem ser considerados para se desenvolver projetos arquitetônicos e este aspecto também influencia diretamente na utilização de coberturas verdes e sua manutenção.

Para auxiliar no desenvolvimento de projetos a ABNT publicou em 2005 a NBR 15220 (Norma brasileira de desempenho térmico para edificações) dividindo o país em oito zonas bioclimáticas. (LAMBERTS; TRIANA, 2010)

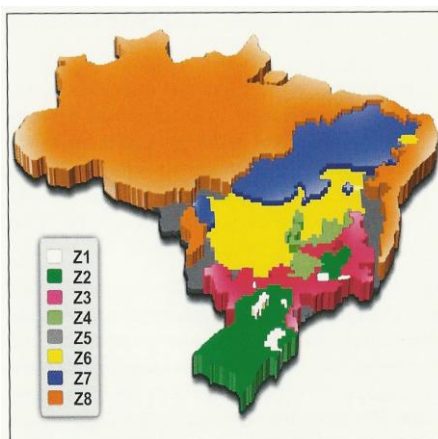


Figura 37 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro. NBR 15.22-3
 Fonte: Lambers e Triana, 2010.

Para este zoneamento foram classificadas 330 cidades (Anexo A), cuja distribuição das zonas se deu em função de características de temperatura, umidade, e altitude das cidades. Sendo assim, as cidades que não constam na relação deve utilizar a cidade mais próxima como parâmetro. (As estratégias encontram-se no Anexo B)

- Zona 1 (Z1) – Climas mais frios no sul do país com invernos mais acentuados e maior necessidade de aquecimento;
- Zonas 2 e 3 (Z2 e Z3) – Predominantemente ao sul e sudeste respectivamente que consideram ainda verão e inverno de forma acentuada;
- Zonas 4, 5 e 6 (Z4, Z5 e Z6) – Apresentam estratégias diferentes para verão e inverno, porém bem menos acentuadas;
- Zonas 7 e 8 (Z7 e Z8) – Representadas pelo Norte e Nordeste, apresentam necessidades de estratégias apenas para o verão.

Diante das estratégias de condicionamento térmico indicadas pela ABNT podemos citar duas que se aplicam no caso das coberturas verdes, são elas:

- Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através de evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água no ambiente que se deseja resfriar;

- Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuïrem;

3.2 Políticas Públicas no Brasil

Assim como as tecnologias para telhados verdes ainda são bastante desconhecidas no território brasileiro, as políticas públicas também ainda são pouco difundidas. Porém algumas iniciativas já foram tomadas na direção da sustentabilidade através dos telhados verdes.

No dia 2 de junho de 2011 foi realizado um seminário na Câmara Municipal de São Paulo onde vários profissionais da área ambiental, da construção civil e representantes do governo se reuniram para discutir aspectos relativos às coberturas verdes e outras formas de construções sustentáveis, do Projeto de Lei 115/09 da vereadora Sandra Tadeu, do DEM/SP, que trata da obrigatoriedade da implantação de telhados verdes em novas edificações do município. (LIMA, apud SILVA, 2011).

Outro exemplo de iniciativa pública foram às diretrizes do IPTU verde estabelecido pela Lei Municipal 6.793/2011, na cidade de Guarulhos, em São Paulo. O programa trás uma série de benefícios para os donos dos imóveis que adotarem a política prevendo uma redução no valor do IPTU de até 20%. Para obter o benefício fiscal o proprietário do imóvel deve procurar a Secretaria de Finanças do Município e comprovar que adotou medidas de sustentabilidade como sistema de captação de água da chuva, telhados verdes, separação de resíduos sólidos, utilização de energia solar e eólica e arborização do terreno. O abatimento é válido por cinco anos e já ocorre em cidades como Campinas, São Carlos e Araraquara, em São Paulo, e Vila Velha, no Espírito Santo.

O Brasil também conta com a ATVBrasil (Associação Telhado Verde Brasil) que adota o parâmetro IAEE (Índice de Área Ecologicamente Efetiva) com o objetivo de conciliar diversas tecnologias de mitigação com impactos ambientais em centros urbanos. O IAEE expressa à porção dos terrenos que são destinadas a vegetação

ou a outras funções relevantes ao ecossistema e pode ser aplicado como complementar ao plano diretor. Este índice aplicasse a todas as formas de estrutura urbana (residencial, comercial e industrial). A ATVBrasil (2012) tem como objetivos:

1. Incentivar a adoção de telhados e paredes verdes, drenagem sustentável, saneamento sustentável e técnicas de pavimento permeável por parte das cidades brasileiras;
2. Incentivar e auxiliar a aprovação de leis municipais de apoio e fomento a estrutura verde como agente facilitador na troca de informações;
3. Promover educação a nível universitário no sentido de incentivar formação de profissionais conhecedores dos benefícios da infraestrutura verde nas cidades;
4. Promover pesquisas sobre infraestruturas verdes;
5. Ser elemento de divulgação das entidades associadas;
6. Tornar públicas as vantagens para o ambiente global quanto a energia e especialmente no tocante a mudanças climáticas;

(ATVBrasil, 2012)

No Brasil também atua uma organização não governamental que busca fomentar a indústria de construção sustentável no país. Essa organização é o *Green Building Council Brasil* (GBC Brasil) que atua junto ao governo e empresas buscando disseminar práticas de processos de certificação ambiental.

A ONG se instalou no Brasil em 2007 trazendo para o país o início das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) que visa atestar a sustentabilidade dos empreendimentos. Hoje o Brasil já possui 40 empreendimentos certificados e mais 371 registrados em busca da certificação o que o coloca na quarta posição mundial no ranking de construções sustentáveis.

O LEED é um selo de certificação ambiental internacional utilizado em mais de 130 países. Foi criado pelo U.S. Green Building Council e trabalha com um sistema de pontuação (40 a 110 pontos) que dividem o selo em diferentes níveis: Básico, Silver, Gold e Platinum. No Brasil a certificação LEED possui seis categorias: (GCB Brasil, 2012).

- Eficiência Energética
- Uso Racional da Água;
- Materiais e Recursos;
- Qualidade Ambiental Interna;
- Espaço Sustentável;

- Inovações e Tecnologias;
- Créditos Regionais.

3.3 Exemplos de Cobertura Verde no Brasil

Apesar de o Brasil ainda não contar com um uso recorrente de coberturas verdes em seu território alguns exemplos de utilização dessa solução podem ser apontados como o Edifício Gustavo Capanema no Rio de Janeiro, o Centro de Reabilitação Infantil Sarah Kubitschek também no Rio de Janeiro e o Edifício Garagem do Aeroporto de Congonhas em São Paulo.

3.3.1 Edifício Gustavo Capanema, Rio de Janeiro.

O atual Palácio Gustavo Capanema que foi sede do Ministério da Educação e Cultura (MEC) até 1960, projeto de uma equipe coordenada por Lúcio Costa. Foi construído entre os anos de 1936 e 1945. Burle Marx projetou os jardins no terraço do edifício do MEC de forma que a vegetação se integrasse com a área edificada de forma extremamente harmônica, diferentemente da postura adotada até então em que o jardim era apenas um adorno e independente do edifício. O jardim deixa de estar limitado a presença da vegetação junto ao solo e passa a adotar formas mais livres. (CATTANI, 2005)

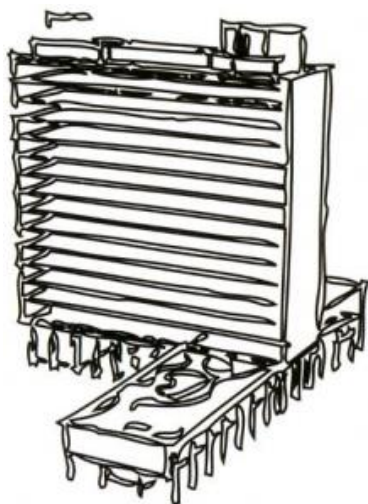


Figura 38 – Croqui Edifício MEC

Figura 39 – Terraço-Jardim Edifício MEC

Fonte: Disponível em: <<http://arqsustentavel.wordpress.com/2012/06/03/o-telhado-verde-de-le-corbusier/>> Acesso em: 13 jun. 2012.

3.3.2 Centro de Reabilitação Infantil Sarah Kubitschek, Rio de Janeiro.

O arquiteto João Figueiras Lima, o Lelé, atenta para a possibilidade de humanização dos projetos dos hospitais. Lelé foi responsável pelos projetos da Rede Sarah e busca uma relação da natureza com a arquitetura e também de obras de arte.

Segundo Lukiantchuki e Souza (2010), João Figueiras busca em suas obras além da humanização através de obras de arte e integração com a natureza, também demonstra grande preocupação com os aspectos de conforto ambiental e térmico das edificações utilizando sempre ventilação e iluminação natural.

Lelé projetou o Centro de Reabilitação Infantil Sarah Kubitschek, no Rio de Janeiro, que foi construído em 2002 na Ilha Pombeba. O projeto tem sua implantação envolvida pela lagoa de Jacarepaguá o que permite ampla visualização da paisagem e integração com os jardins. Os ambientes integram-se através de terraços-jardim que reforçam o aspecto de humanização do edifício, além de agregar funções de conforto ambiental.



Figura 40 – Terraço Hospital Sarah, Rio de Janeiro.

Fonte: Disponível em: <<http://concursosdeprojeto.org/2010/04/11/vii-biau-resultado-obras-brasileiras/>>. Acesso em: 06 ago. 2012.



Figura 41 – Acesso do Centro, Hospital Sarah, Rio de Janeiro

Fonte: Disponível em: <<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/joao-filgueiras-lima-lele-hospital-infantil-23-04-2002.html>> Acesso em: 06 ago. 2012.

3.3.3 Edifício Garagem do Aeroporto de Congonhas, São Paulo.

O edifício surgiu da necessidade de solução do *déficit* de vagas para carros nas imediações do Aeroporto de Congonhas, em São Paulo. Trata-se de um edifício garagem com cinco pavimentos, sendo dois subterrâneos, construídos predominantemente de estrutura metálica. (METÁLICA, 2012).

O arquiteto, Sérgio Parada, teve a preocupação de desenvolver um edifício que conciliasse as características naturais e a tecnologia de ponta e também a geometria da edificação para que não se assemelhasse a uma edificação industrial.













O projeto foi concebido com a ideia de ir além de abrigar carros. Assim, em sua cobertura foi planejada uma grande praça arborizada oferecendo uma área de lazer. A praça possui piso elevado contribuindo também para o sistema de drenagem.



Figura 42 – Praça na cobertura do edifício garagem do aeroporto de Congonhas, São Paulo.
Fonte: Metálica, 2012

3.4 Exemplos de Vegetação que Podem Ser Utilizadas

A escolha do tipo de vegetação que será utilizada nas coberturas verdes é algo bastante importante. Deve-se dar preferência para as espécies nativas, pois estas já estão mais adaptadas às condições climáticas, embora as espécies que vem sendo utilizadas no Brasil são praticamente todas originárias de outros países. Devem ser plantas resistentes, já que estarão o tempo todo expostas as intempéries. São exemplos de espécies utilizadas em coberturas verdes:

	Espécie	Altura	Hábito	Irrigação	Consumo de Água	Luminosidade	Resistência ao Vento	Origem
	Estrelinha Dourada <i>Sedum acre</i>	25 cm	Forração densa	A cada 20 dias	Baixo	Pleno sol	Alta	Portugal
	Mosquitinho <i>Sedum sp1</i>	20 cm	Forração esparsa	A cada 20 dias	Baixo	Pleno sol	Alta	França
	Bulbine <i>Bulbine frutescens</i>	40 cm	Forração densa	A cada 10 dias	Baixo	Pleno sol	Média	África do Sul
	Russelia <i>Russelia esquisetiformes</i>	Até 2 m	Pendente de folhagem densa	A cada 10 dias	Médio	Pleno sol / meia sombra	Média	México
	Rosinha de Sol <i>Aptenia cordifolia</i>	30 cm	Forração densa	1x por semana	Médio	Pleno sol / meia sombra	Média	África do Sul
	Alho Social <i>Tulbaghia violacea</i>	40 cm	Forração esparsa	3x por semana	Médio	Pleno sol / meia sombra	Baixa	Sul da África
	Lírio dos Ventos <i>Zephyranthes maritima</i>	30 cm	Forração esparsa	3x por semana	Médio	Meia sombra	Média	Austrália
	Alyssum <i>Lobularia maritima</i>	20 cm	Forração esparsa	3x por semana	Médio	Pleno sol	Muito Baixa	França
	Capim Azul <i>Festuca Glauca</i>	40 cm	Forração densa	3x por semana	Médio	Pleno sol	Baixa	Centro Sul da Europa
	Grama Preta <i>Ophiopogon japonicus</i>	20 cm	Forração densa	3x por semana	Médio	Sombra/meia sombra	Baixa	Japão
	Grama Amendoim <i>Arachis repens</i>	20 cm	Forração densa	3x por semana	Alto	Pleno sol / meia sombra	Muito Baixa	Brasil
	Grama Esmeralda <i>Zoyzia japonica</i>	5 cm	Forração densa	3x por semana	Muito alto	Pleno sol	Média	China / Japão / Austrália

Quadro 4 – Plantas Cultivadas em Coberturas Verdes e Suas Características
Fonte: Instituto Cidade Jardim, apud Silva, 2011 (adaptada)

4 UTILIZAÇÃO DE COBERTURAS VERDES EM BRASÍLIA

Para se estudar a utilização de coberturas verdes em Brasília necessita-se de uma avaliação de suas condicionantes climáticas para definição das melhores soluções a serem tomadas. Neste capítulo são abordados os fatores climáticos de Brasília, assim como, políticas públicas que visam à aplicação de coberturas verdes na região. Posteriormente fez-se uma breve análise de alguns benefícios que poderiam ser agregados com a utilização das coberturas verdes.

4.1 O Clima de Brasília

Brasília está localizada no Distrito Federal, região centro-oeste do Brasil. Situa-se a aproximadamente 16° de latitude sul e altitude média de 1100 metros. O clima de Brasília é classificado como Tropical de altitude tendo característica semelhante ao clima tropical úmido, durante o período chuvoso, e semelhante ao clima tropical

seco, durante o período de seca. Ainda possui uma terceira estação, apresentada por Maciel (2002), incluída no período de seca em que os dias são ensolarados, a umidade relativa é baixa e as noites são frias. (CODEPLAN, apud MACIEL, 2002)

O clima tropical de altitude, da área que compreende o pediplano de Brasília, entre 1000 e 1200 metros de altitude, apresenta temperatura média, para o mês mais frio, inferior a 18°C, com média superior a 22°C no mês mais quente. (MACIEL, 2002, p.9)

As informações apontadas por Maciel (2002) com base nos dados da CODEPLAN e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o período chuvoso em Brasília corresponde aos meses de novembro a janeiro e o período seco (inverno) corresponde aos meses de junho a agosto. 70% das chuvas ocorrem de novembro a março e o período seco tem duração de aproximadamente 4 ou 5 meses.

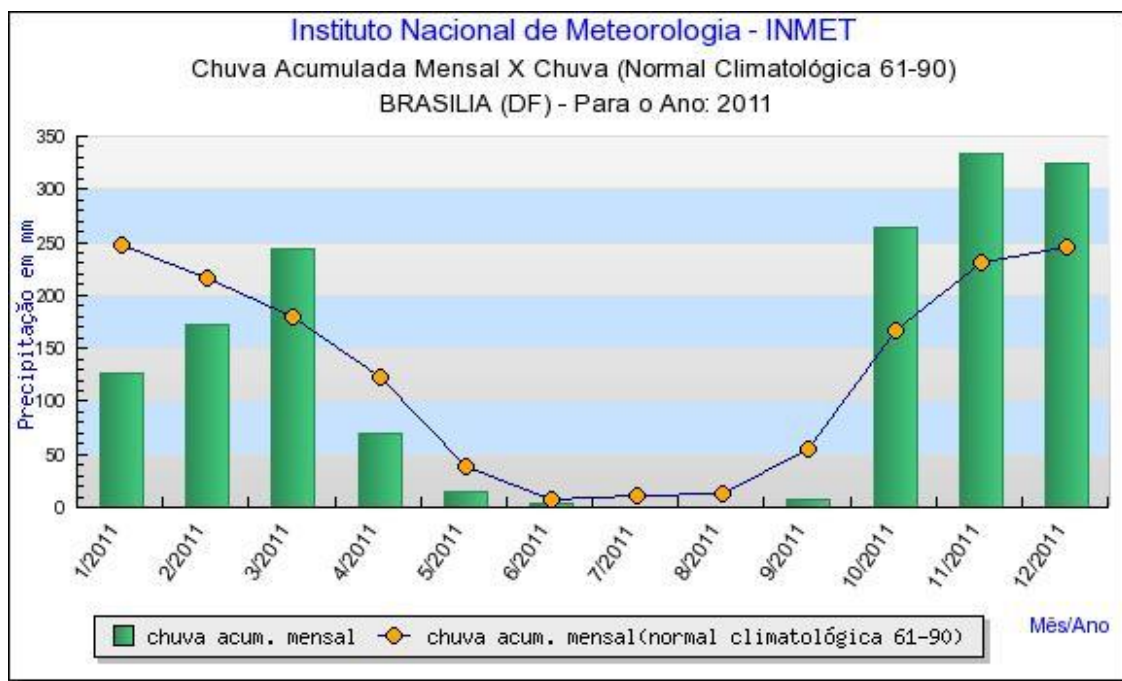


Figura 43 – Gráfico de Precipitações em Brasília no ano de 2011
Fonte: INMET, 2012.

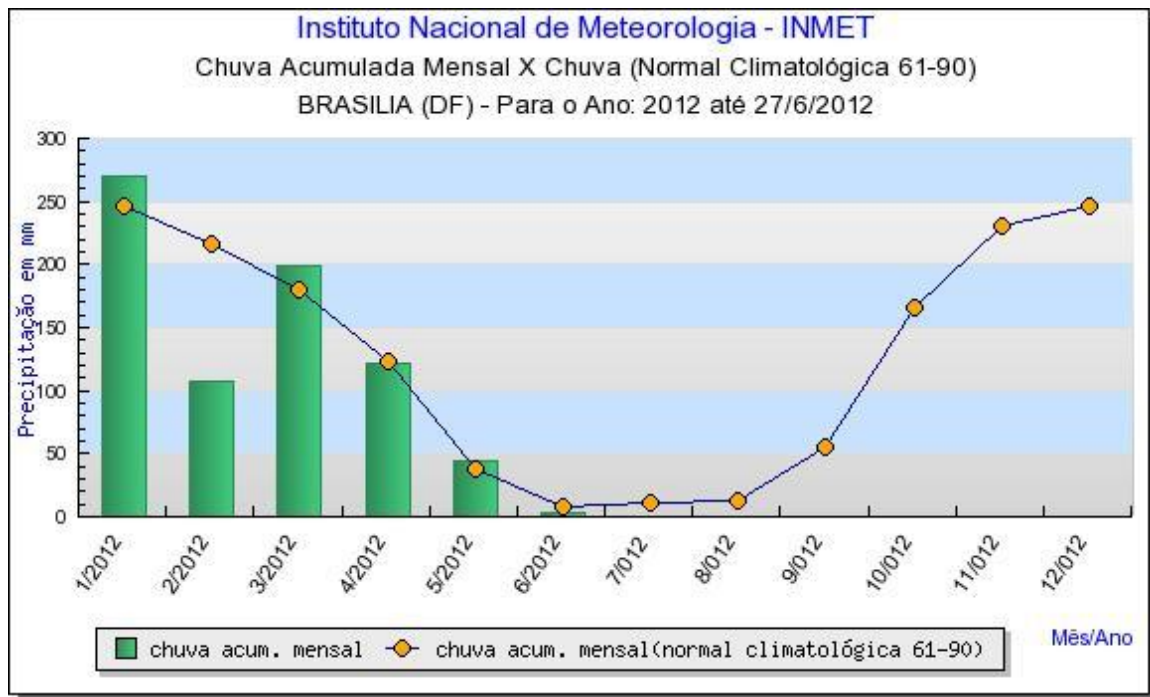


Figura 44 – Gráfico de Precipitações em Brasília no ano de 2012
 Fonte: INMET, 2012.

Amorim (2005) lista alguns dados importantes relativos às características climáticas de Brasília:

- Umidade relativa do ar média é de 70% sendo agosto o mês mais seco (56%) e sendo registrada a umidade relativa mínima absoluta de 8% no mês de setembro.
- A precipitação total média está em torno de 1500 mm.
- A soma da insolação anual média é de aproximadamente 2400 horas, sendo a radiação direta intensa no inverno e a difusa com grandes níveis no verão.
- Durante a maior parte do ano os ventos predominantes são leste e sudeste com velocidade de 2 a 3m/s.

Alguns elementos como o espaço construído, a radiação solar recebida por esses espaços, a temperatura superficial dos elementos, os ventos predominantes, o clima, as chuvas determinam as condições do ambiente e a sensação de conforto. Logo, esses elementos são bastante relevantes na decisão da implantação de coberturas verdes e suas características já que elas podem alterá-los.

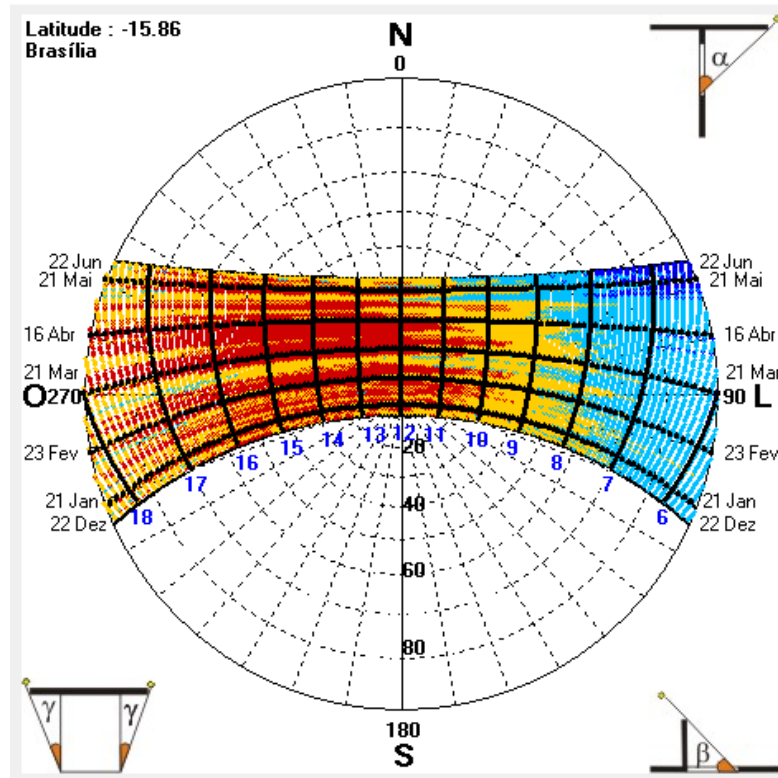


Figura 45 – Carta Solar de Brasília com temperaturas
Fonte: SOL-AR, 2012

4.2 Políticas Públicas Adotadas em Brasília

As coberturas verdes estão no percurso para se tornarem obrigatórias no Distrito Federal. O Deputado Distrital Wasny de Roure é o autor do Projeto de Lei Nº 400/2011 (Anexo C) que aborda o tema das coberturas verdes.

A proposta do projeto de lei é que as edificações que possuam mais de três unidades agrupadas verticalmente deverão prever coberturas verdes em seus projetos, como requisito para a aprovação nas administrações. (FARIAS, 2011)

O teto verde é uma alternativa viável e sustentável. Esse tipo de telhado mantém a umidade do ar constante no entorno da edificação, forma um microclima, purifica a atmosfera e contribui para o combate ao efeito estufa. (BRASIL, 2011).

4.3 Estudo de Caso nas Projeções Residenciais

Para demonstrar como a utilização de coberturas verdes poderia se aplicar e ser benéfica na região de Brasília o estudo demonstra duas das vantagens da aplicação de coberturas verdes, que consiste na retenção da água da chuva e da redução das

temperaturas das superfícies, no caso de adoção dessa solução nas projeções residenciais das superquadras.

A análise foi feita nas projeções residenciais baseada nos dados apresentados por Lamberts et. al (1997). Considerando que Lamberts é considerado um ícone e um marco nos estudos de eficiência energética nas edificações leva-se em consideração os dados referendados por ele que apontam o consumo energético de 42% nas edificações residenciais, comerciais e públicas do Brasil, sendo que 23% deste consumo se dá no setor residencial como demonstra a Figura 46. Lamberts também demonstra que o consumo total de energia no país quase triplicou nos últimos dezoito anos.

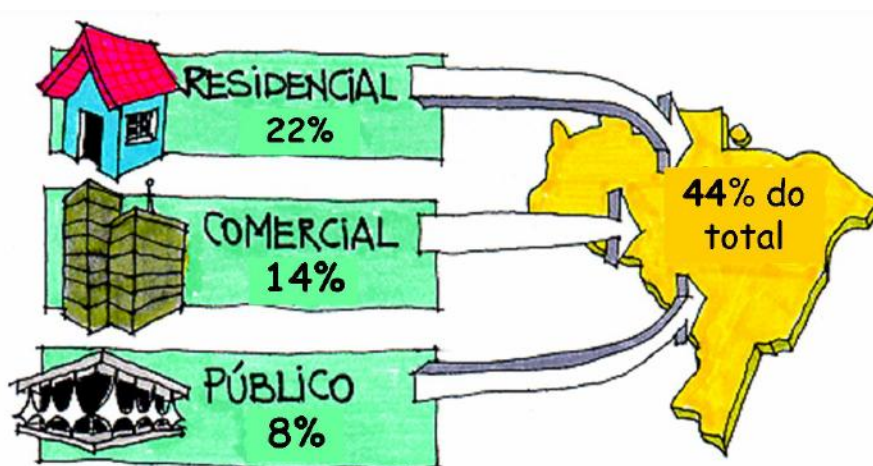


Figura 46 – Consumo de Energia Elétrica no Brasil
Fonte: Lamberts et. al, 1997.

Pereira (2010) aponta que o consumo energético no Brasil cresceu cerca de 250% no período de 1975 a 2000. Aumento este causado principalmente pela rápida industrialização e pelos crescentes serviços energéticos residenciais e comerciais (figura 47). E de acordo com as informações referentes ao ano de 2005, grande parte do consumo de energia elétrica no país ocorre em edificações (45,2%) com destaque para as edificações residenciais responsáveis por 22,2% do consumo elétrico sendo que 20% deve-se aos aparelhos de ar condicionado, consumo tal que pode ser reduzido pela utilização de coberturas verdes.

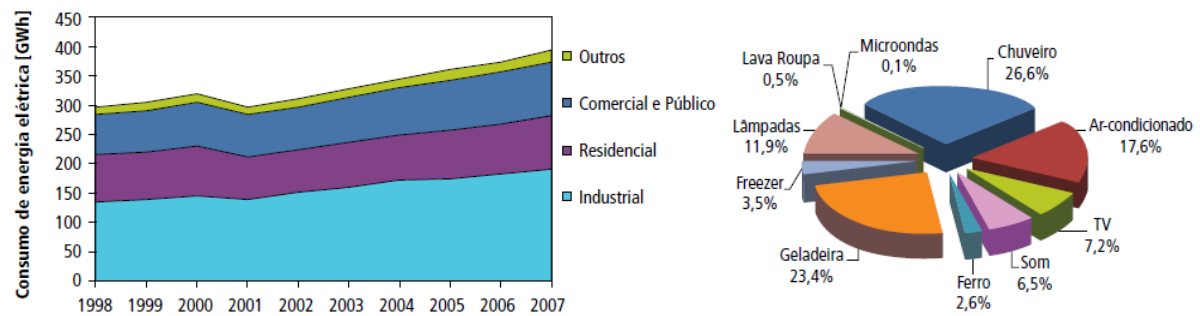


Figura 47 – Evolução dos consumos setoriais de energia elétrica no Brasil / Figura 48 – Participação dos eletrodomésticos no consumo elétrico de residências na região centro-oeste.
Fonte: Pereira, 2010

4.3.1 Definição da Área de Estudo

O Projeto do Plano Piloto de Lúcio Costa apresenta as superquadras de Brasília com uma faixa de vegetação de 20 metros envolvendo a área edificável, que possui 240x240 metros, totalizando assim 280x280 metros cada superquadra.

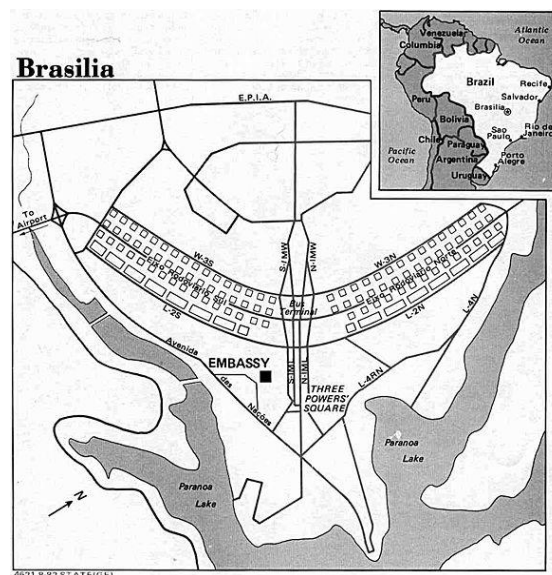


Figura 49 – Plano de Brasília
Fonte: Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Mapa_bras%C3%ADlia_pc000279.jpg>
Acesso em: 21 jun. 2012.

A maioria das superquadras residenciais é constituída por onze projeções de 12,5x85 metros, totalizando aproximadamente 11.687,5m² sendo que as unidades habitacionais possuem taxa de ocupação máxima de 15% da área das projeções. Com a dimensão máxima da superquadra 280x280 metros a área total é de 78.400m² sendo que dentro desta área está incluída a faixa de 20 metros de área

verde *non aedificandi* correspondente a 28.800m² ou 26.5% da área total da superquadra (BRINO,2003).

A SUPERQUADRA		% AE		% AT
Área de Projeção por Bloco	Área Total = 11.760m ² N° de Blocos = 11	1.069m ²	1,85	1,36
Área Construída por Bloco (sem pilotis e subsolo)	Pavimentos = 6 Área do Pavimento = 1.069m ²	6.414m ²	11,13	8,18
Área Construída por Superquadra (sem pilotis e subsolo)	Prédio = 11 Área por prédio = 6.414m ²	70.554 m ²	89,99	122,5

*AE – Área Aedificandi e AT – Área Total

Quadro 5 – Dimensionamento de Bloco
Fonte: Brino, 2003.

Assim como nos estudos de Burgos e Romero (2010) e de Braga et. al (2004), adotou-se como parâmetro a quadra da Asa Sul SQS 108 que juntamente com as 107, 307 e 308 compõem a unidade de vizinhança mais próxima do conceito original de Lúcio Costa.

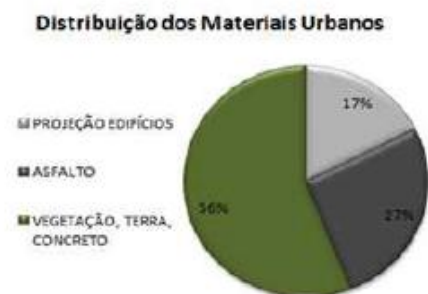


Figura 50 – Imagem Google SQS 108 e Gráfico de Materiais Urbanos
Fonte: Burgos e Romero, 2010.

De acordo com os dados coletados por Burgos e Romero (2010) as temperaturas superficiais mais elevadas detectadas na quadra se deram às 15h, período da tarde (Figura 51), sendo que no período de chuva o comportamento da temperatura superficial é distinto do observado em períodos de seca mesmo

mantendo uma relação constante de variação de temperatura de acordo com o material.

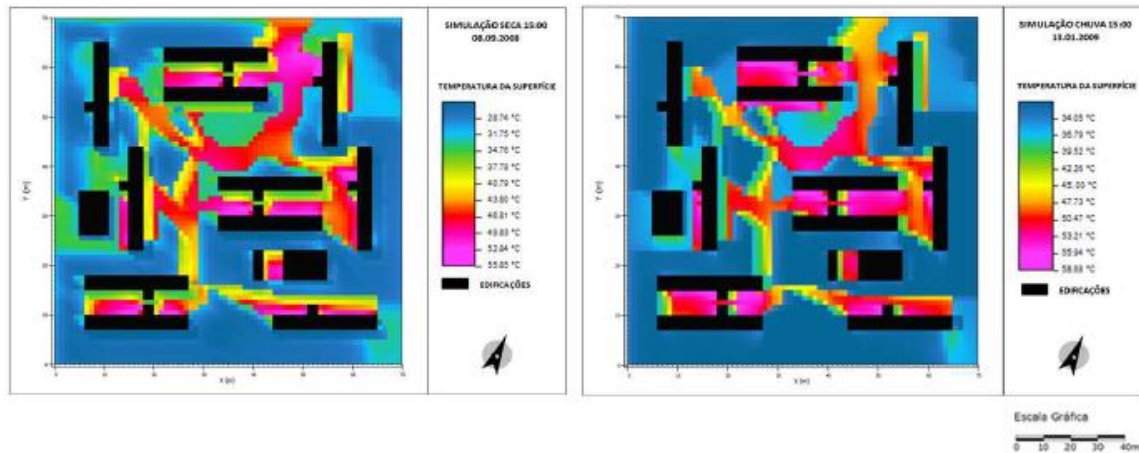


Figura 51 – Simulações da temperatura das superfícies nos períodos de seca e de chuva
Fonte: Burgos e Romero, 2010.

4.3.2 Caracterização do Estudo

Levando em consideração os estudos realizados por Ohnuma (2008) observa-se que as coberturas verdes são estruturas com potencial de redução do escoamento superficial devido ao aumento da infiltração e acréscimo da evapotranspiração. Kolb (apud, OHNUMA, 2008) verifica que nos picos de drenagem a cobertura verde pode amortecer até 75% a mais do volume escoado do que as coberturas convencionais, sendo esse valor também influenciado pelas espécies de plantas utilizadas e espessura do substrato.

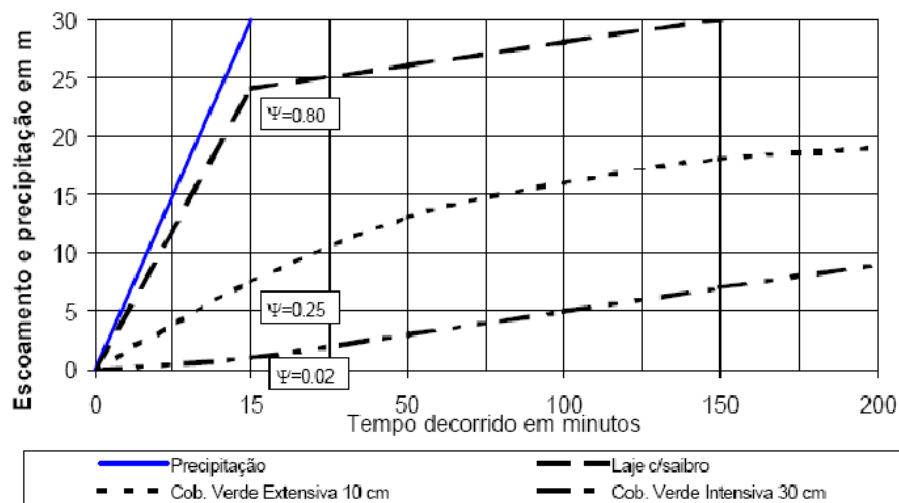


Figura 52 – Escoamento e Picos de Drenagem de Cobertura Verde e outras Coberturas
Fonte: Kolb, apud Ohnuma, 2008.

A partir de experimentos hidrológicos feitos por Cunha (apud, OHNUMA, 2008) concluiu-se que a estrutura das coberturas verdes pode acumular em média 14 mm a mais de precipitações do que as coberturas convencionais.

Analisando o gráfico de chuvas acumuladas em Brasília do INMET (Figura 43) chega-se a conclusão que a chuva acumulada anual de 2011 é de aproximadamente 1477mm. Levando em consideração a aplicação de coberturas verdes em todas as projeções da SQS 108, seria computada uma área de retenção dessa água da chuva de aproximadamente 11.687,5m². Isso já causaria uma redução considerável no escoamento de água dessa região evitando problemas como inundações. Além disso, essa água da chuva poderia ser reutilizada.

Segundo Ferreira e Moruzzi (2007) o aproveitamento da água da chuva em áreas urbanas envolvem aspectos sociais na diminuição do consumo de água das concessionárias, no aspecto de gestão das águas urbanas, sendo uma fonte alternativa de abastecimento e reduzindo alagamentos e enchentes e quanto aos aspectos ambientais diminuindo a exploração de recursos hídricos.

O sistema de reaproveitamento da água da chuva consiste basicamente na captação desta água, no direcionamento através de calhas e condutores, o armazenamento e a utilização. Os telhados verdes ainda funcionam como filtro na fase de captação dessa água.

Atualmente não existem padrões de utilização de água da chuva definidos no Brasil, apenas são sugeridos alguns padrões pela ABNT através de norma específica.

Kohler, Schmidt e Sickermann (apud, FERREIRA; MORUZZI, 2007) afirmam que cerca de 70% da precipitação anual pode ser armazenada nos telhados e esta água pode ser utilizada como alternativa para substituir a água de vasos sanitários, máquinas de lavar roupa ou na rega de jardins.

Além dos benefícios relacionados à retenção da água da chuva também podem ser citados os benefícios relacionadas à diminuição da temperatura nas edificações que adoram as coberturas verdes.

As coberturas são os elementos mais expostos à radiação solar logo, são uma das principais responsáveis pelo desempenho térmico das edificações. As condições atmosféricas modificadas das cidades também influenciam no consumo de energia, já que com o aumento das cidades as superfícies pavimentadas e de concreto são cada vez maiores e em maior quantidade. (MASCARÓ, 1991)

Mascaró (1991) ainda aponta que a resolução adequada da cobertura, que diminua a sua exposição e consequentemente a transição de calor do exterior para o interior, será fundamental não só do ponto de vista do conforto térmico, mas também em relação ao consumo energético. A vegetação atua diretamente sobre a absorção e a reflexão da radiação recebida e consequentemente da temperatura.

Cordeiro (2007) cita a pesquisa realizada por profissionais da Universidade Cardiff, no País de Gales, que simularam os efeitos das coberturas verdes em nove metrópoles, inclusive Brasília. (Figura 53) O estudo demonstra que a temperatura pode cair de 3,6 a 11,3 graus com a utilização desta solução. No caso de Brasília foi observada uma redução de 9,3°C. Ainda segundo esta pesquisa quanto mais quente a cidade maior o efeito do telhado ajardinado já que a vegetação absorve menos calor que o concreto e a evapotranspiração dos vegetais aumenta a umidade do ar e assim, também reduz a temperatura do ambiente.

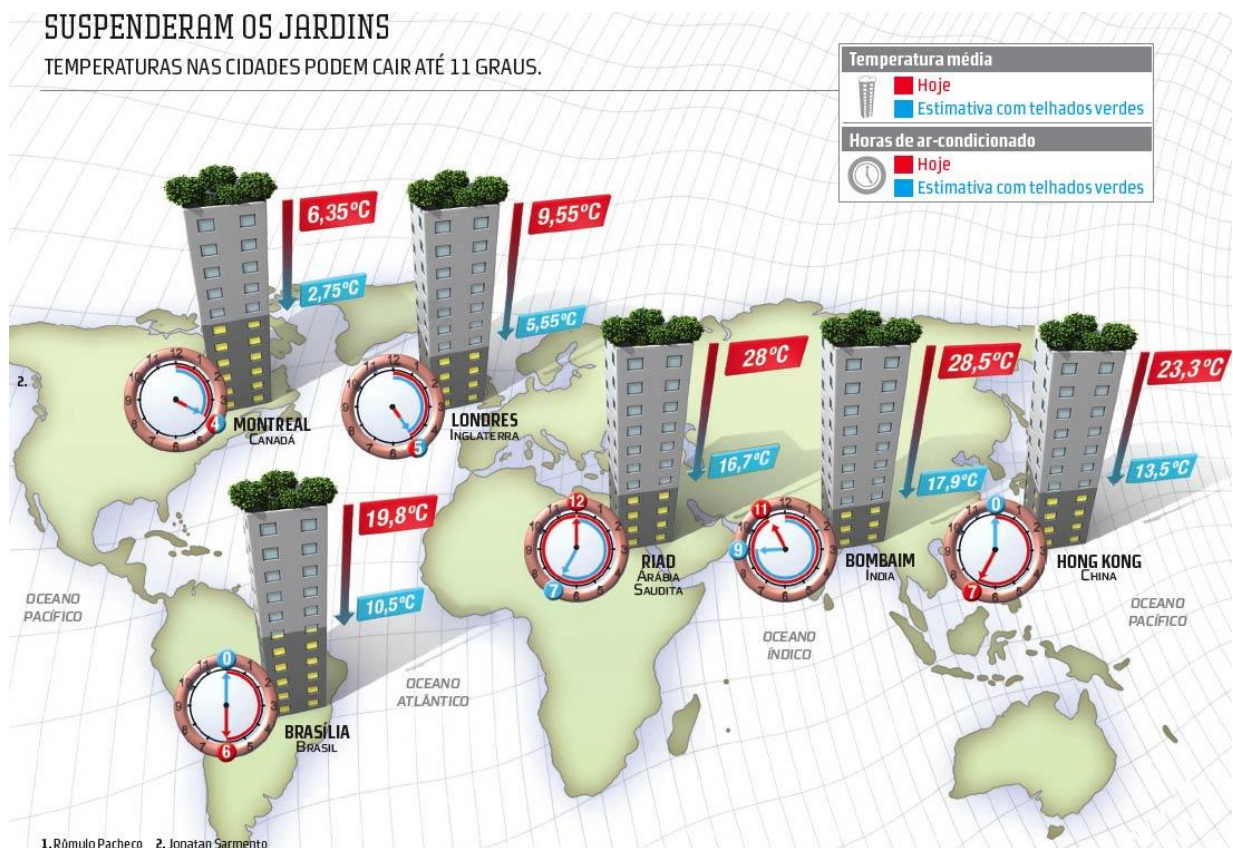


Figura 53 – Suspenderam os Jardins
Fonte: Cordeiro, 2007.

De acordo com os estudos de Tomaz (2008) a queda de temperatura sob o telhado verde varia de 1,7°C até 3,9°C resultando em uma redução de até 10% nos gastos com ar condicionado.

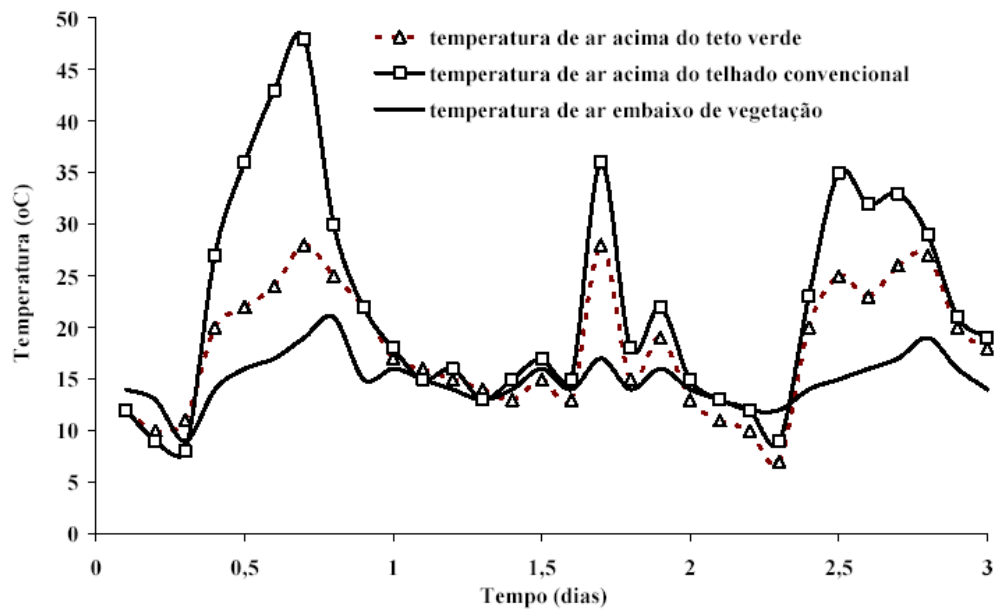


Figura 54 – Estudo Térmico Comparando Coberturas Verdes com Coberturas Convencionais

Fonte: Kolb, apud Ohnuma, 20

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo permitiu compreender que a utilização de coberturas verdes nas áreas urbanizadas pode ser de fundamental importância como forma de preservação do meio ambiente e redução dos impactos causados por ações antrópicas. A utilização de coberturas verdes apresenta muitas vantagens. Entre elas põem ser citadas as vantagens ambientais se tratando da manutenção da qualidade do ar em áreas urbanas, moderação das ilhas de calor, redução da vazão das águas da chuva e aumento da biodiversidade em áreas urbanas. Também podem ser apontadas vantagens econômicas relacionadas a utilização da área das coberturas, pontos em programas de eficiência energética, economia de energia e aumento da durabilidade dos materiais sob a cobertura verde. Além disso, ainda existem vantagens sociais já que se tornam uma área de agrupamento de pessoas e recreação e as vantagens estéticas quando proporcionam espaços agradáveis e auxiliam na composição da paisagem.

Foi possível observar que a utilização de jardins sobre coberturas é algo recorrente ao longo da história sendo utilizado como elemento estético até a sua utilização como elemento de uma arquitetura sustentável e de conforto ambiental.

Existem várias tecnologias e formas de se implantar coberturas verdes e a melhor opção é a que melhor se adapta aos propósitos e as características da edificação em que se deseja atribuir este elemento.

Apesar do Brasil ainda não utilizar em grandes escalas a solução das coberturas verdes, possui condicionantes favoráveis à adoção desta medida e já apresenta algumas iniciativas no sentido de maior utilização desta solução.

Também em Brasília, apesar da tímida aplicação, a utilização de telhados verdes se mostra bastante viável colaborando para a retenção das águas das chuvas, redução das temperaturas das edificações e da área urbana, além de aumentar a quantidade de espaços verdes na cidade.

A área de estudo se restringiu ao Plano Piloto de Brasília utilizando as projeções residenciais como parâmetro devido ao alto consumo energético que foi apontado para este setor, porém a aplicação de estudos similares em áreas do entorno também poderiam ser bastante interessantes devido à densidade populacional e as poucas áreas verdes restantes.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Manco Antonio Milazzo de. **Coberturas naturadas e qualidade ambiental**: uma contribuição em clima tropical úmido. 2008. 143f.. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

ATVBrasil, **Institucional**. Disponível em: < <http://www.atvbrasil.com.br/>> Acesso em: 15 jan. 2012.

BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das cartas solares**: diretrizes para arquitetos. 4. ed. Maceió: EDUFAL, 2004.

BRAGA, Darja K; AMORIM, Cláudia N. D. Conforto térmico em edifícios residenciais do Plano Piloto de Brasília. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável, 2004, São Paulo. **Anais do X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. São Paulo: ENTAC'04, 2004.

BRASIL, Projeto de Lei N° 400/2011, de junho de 2011. Dispõe sobre a obrigatoriedade de incluir área de “Telhado Verde” nos locais que especifica, e dá outras providências. Brasília, 14 jun. 2011. Disponível em: <<http://cl.df.gov.br>>. Acesso em: 28 de maio 2012.

BRINO, Alex Carvalho. Brasília: superquadras residenciais. In: 5° Seminário DOCOMOMO Brasil, 2003, São Carlos. **Anais da Documentation and Conservation Modern Movement**. São Carlos: DOCOMOMO, 2003. Disponível em: <http://www.docomomo.org.br/seminario_5/pdfs/006R.pdf>. Acesso em 18 abr. 2012.

BURGOS, L. M; ROMERO, M. A. B. Contribuições das vegetações nos microclimas urbanos de uma superquadra no Plano Piloto de Brasília. In: Pluris, 2010, Portugal. **Anais do 4° Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado, Sustentável**. Faro: Revista de Engenharia Civil, 2010 Disponível em: <<http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper265.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2012.

CATTANI, Airton. A evolução da arquitetura: contribuições da teoria de Bachelard. **Arqtexto**, Porto Alegre, v. 6, 2005. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/propar/publicacoes/ARQtextos/PDFs_revista_6/05_AirtonCattani.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2012.

CORDEIRO, Tiago. Frescura no telhado: pesquisa prova que prédios cobertos por vegetação podem esfriar as cidades. **Revista Superinteressante**, v. 12, dez. 2007. Disponível em: <http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/cidade/conteudo_265888.shtml>. Acesso em: 07 ago. 2012.

D'ELIA, Renata. Telhados Verdes. **Revista Técnica**, v. 148, jul. 2009. Disponível em:

<<http://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/148/artigo144157-2.asp>>. Acesso em 08 nov. 2011.

DUNNETT, Nigel; Kingsbury, Noel. **Planting green roofs and living walls**. Oregon: Timber Press, 2008.

ECOTELHADO. Disponível em: < www.ecotelhado.com.br/> Acesso em: 10 nov. 2011.

FARIAS, Willian. O telhado da sustentabilidade. **Jornal da Comunidade**, Brasília, 22 out. 2011. Caderno Imóveis. Disponível em: <<http://comunidade.maiscomunidade.com/conteudo/2011-10-22/imoveis/6125/O-TELHADO-DA-SUSTENTABILIDADE.pnhtml>> . Acesso em: 28 maio 2012.

FERREIRA, C. A; MORUZZI, R. B. Considerações sobre a aplicação de telhado verde para captação de água da chuva em sistema de aproveitamento para fins não potáveis. In: **IV Encontro Nacional e II Encontro Latino-americano sobre edificações e comunidades sustentáveis**. Campo Grande: UNESP, 2007. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/rodrigo/consideracoes.pdf>>. Acesso em: 07 ago. 2012.

GCTBrasil, **Missão e Visão**. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/>> Acesso em: 22 jan. 2012

INGRA, **Green roofs types**. Disponível em: < http://www.igra-world.com/types_of_green_roofs/index.php> Acesso em: 12 fev. 2012.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: < www.inmet.gov.br/> Acesso em: 5 jan. 2012.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, F. O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LAMBERTS, Roberto; TRIANA, Maria Andrea. Projeto e Conforto. In: JOHN, V. M.; PRADO, R. T. A. (Org.) **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras – Editora e Gráfica, 2010, p. 56-103.

LIPTAN, Tom; STRECKER, Eric. EcoRoofs (greenroofs): a more sustainable infrastructure. In: National Conference on Urban Stormwater: Enhancing Programs as The Local Level, 2003, Chicago. **Anais da National Conference on Urban Stormwater: Enhancing Programs at the Local Level**. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency, 2003. p. 198 – 214. Disponível em: <<http://www.epa.gov/owow/NPS/natlstormwater03/>>. Acesso em 07 jan. 2012.

LUKIANCHUKI, Marieli Azoia; SOUZA, Gisela Barcellos de. Humanização da arquitetura hospitalar: entre ensaios de definições e materializações híbridas. **Arquitextos**, São Paulo, v. 118.01, mar. 2010. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/10.118/3372>>. Acesso em: 06 ago. 2012.

MACIEL, Alexandra A. **Projeto bioclimático em Brasília: estudo de caso em edifícios de escritórios**. 2002. 138f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

MASCARÓ, Juan José. Vigência dos critérios (ambientais) de projeto de Le Corbusier. **Arquitextos**, São Paulo, v. 102.03, nov. 2008. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/09.102/94>>. Acesso em: 25 out. 2011.

MASCARÓ, Lúcia R. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. 2ª ed. São Paulo: Projeto, 1991.

MASSAD, Fredy; YESTE Alicia Guerrero. Vegetação nas alturas. **Drops**, São Paulo, v. 022.04, abr. 2008. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/drops/08.022/1749>>. Acesso em: 25 out. 2011.

METALICA, **Edifício garagem do Aeroporto de Congonhas feito de estrutura metálica, o material proporcionou interferência mínima no entorno da construção**. Disponível em: < <http://metalica.com.br/edificio-garagem-do-aeroporto-de-congonhas>> . Acesso em: 06 ago. 2012.

OHNUMA JÚNIOR, Alfredo Akira. **Medidas não convencionais de reservação d'água e controle da poluição hídrica em lotes domiciliares**. 2008. 306f.. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

OSMUNDSON, Theodore. **Roof gardens: history, desing, and construction**. New York: W.W. Norton & Company Ltd., 1999.

PARIZOTTO FILHO, Sérgio. Telhado vegetado. In: LAMBERS, Roberto et. al (Org.) **Casa eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico** vol 1. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010, p. 88 – 122. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_I.pdf>. Acesso em 10 out. 2011.

PEREIRA, Cláudia Donald. Introdução. In: LAMBERS, Roberto et. al (Org.) **Casa eficiente: consumo e geração de energia** vol 2. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010, p. 17 – 21. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_II.pdf>. Acesso em 07 ago. 2012.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

SILVA, Neusiane da Costa. **Telhado verde: Sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental**. 2011. 60f.. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo

Horizonte, 2011.

SOL-AR. **Software.** Disponível para download em:
<<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>> Acesso em: 07 ago. 2012.

TOMAZ, Plínio. **Best Management Practices.** Guarulhos, 2008. Disponível em:
<<http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livro01v02bmps.pdf>>. Acesso em 09 jun. 2012.

ANEXO A – Tabela de Zonas Bioclimática

UF	Cidade	Zona
AC	Cruzeiro do Sul/AC	8
AC	Rio Branco/AC	8
AC	Tarauacá/AC	8
AL	Água Branca/AL	5
AL	Anadia/AL	8
AL	Coruripe/AL	8
AL	Maceió/AL	8
AL	Palmeira dos índios/AL	8
AL	Pão de Açúcar/AL	8
AL	Pilar/AL	8
AL	Porto das Pedras/AL	8
AM	Barcelos/AM	8
AM	Coari/AM	8
AM	Fonte Boa/AM	8
AM	Humaitá/AM	8
AM	lauretê/AM	8
AM	Itacoatiara/AM	8
AM	Manaus/AM	8
AM	Parintins/AM	8
AM	Taracúá/AM	8
AM	Tefé/AM	8
AM	Uaupés/AM	8
AP	Macapá/AP	8
BA	Alagoinhas/BA	8
BA	Barra do Rio Grande/BA	6
BA	Barreiras/BA	7
BA	Bom Jesus da Lapa/BA	6
BA	Caetité/BA	6
BA	Camaçari/BA	8
BA	Canavieiras/BA	8
BA	Caravelas/BA	8
BA	Carinhanha/BA	6
BA	Cipó/BA	8
BA	Correntina/BA	6
BA	Guaratinga/BA	8
BA	Ilhéus/BA	8
BA	Irecê/BA	6
BA	Itaperaba/BA	8
BA	Itiruçu/BA	5
BA	Ituaçu/BA	6
BA	Jacobina/BA	8
BA	Lençóis/BA	8
BA	Monte Santo/BA	6
BA	Morro do Chapéu/BA	5
BA	Paratinga/BA	7

UF	Cidade	Zona
BA	Paulo Afonso/BA	7
BA	Remanso/BA	7
BA	Salvador(Ondina)/BA	8
BA	Santa Rita de Cássia/BA	6
BA	São Francisco do Conde	8
BA	São Gonçalo dos Campos	7
BA	Senhor do Bonfim/BA	8
BA	Serrinha/BA	5
BA	Vitória da Conquista/BA	5
CE	Barbalha/CE	7
CE	Campos Sales/CE	7
CE	Crateús/CE	7
CE	Fortaleza/CE	8
CE	Guaramiranga/CE	5
CE	Iguatu/CE	7
CE	Jaguaruana/CE	8
CE	Mondibim/CE	8
CE	Morada Nova/CE	7
CE	Quixadá/CE	7
CE	Quixeramobim/CE	7
CE	Sobral/CE	7
CE	Tauá/CE	7
DF	Brasília/DF	4
ES	Cachoeiro de Itapemirim	8
ES	Conceição da Barra/ES	8
ES	Linhares/ES	8
ES	São Mateus/ES	8
ES	Vitória/ES	8
GO	Aragarças/GO	6
GO	Catalão/GO	6
GO	Formosa/GO	6
GO	Goiânia/GO	6
GO	Goiás/GO	7
GO	Ipameri/GO	4
GO	Luziânia/GO	4
GO	Pirenópolis/GO	6
GO	Posse/GO	6
GO	Rio Verde/GO	6
MA	Barra do Corda/MA	7
MA	Breves/MA	8
MA	Carolina/MA	7
MA	Caxias/MA	7
MA	Coroatá/MA	8
MA	Grajaú/MA	7
MA	Imperatriz/MA	7

UF	Cidade	Zona
MA	São Bento/MA	8
MA	São Luiz/MA	8
MA	Turialva/MA	8
MA	Zé Doca/MA	8
MG	Aimorés/MG	5
MG	Araçuaí/MG	5
MG	Araxá/MG	3
MG	Bambuí/MG	3
MG	Barbacena/MG	3
MG	Belo Horizonte/MG	3
MG	Caparaó/MG	2
MG	Capinópolis/MG	5
MG	Caratinga/MG	3
MG	Cataguases/MG	5
MG	Conceição do Mato Dentro/MG	3
MG	Coronel Pacheco/MG	3
MG	Curvelo/MG	3
MG	Diamantina/MG	3
MG	Espínosa/MG	6
MG	Frutal/MG	6
MG	Governador Valadares	3
MG	Grão Mogol/MG	2
MG	Ibirité/MG	3
MG	Itabira/MG	2
MG	Itajubá/MG	3
MG	Itamarandiba/MG	6
MG	Januária/MG	6
MG	João Pinheiro/MG	3
MG	Juiz de Fora/MG	3
MG	Lavras/MG	5
MG	Leopoldina/MG	2
MG	Machado/MG	3
MG	Monte Alegre de Minas	7
MG	Monte Azul/MG	6
MG	Montes Claros/MG	3
MG	Muriae/MG	3
MG	Oliveira/MG	4
MG	Paracatu/MG	6
MG	Passa Quatro/MG	2
MG	Patos de Minas/MG	4
MG	Pedra Azul/MG	5
MG	Pirapora/MG	4
MG	Pitangui/MG	4
MG	Poços de Caldas/MG	1
MG	Pompeu/MG	3
MG	Santos Dumont/MG	3
MG	São Francisco/MG	6

UF	Cidade	Zona
MG	São João del-Rei/MG	2
MG	São João Evangelista/MG	3
MG	São Lourenço/MG	2
MG	Sete Lagoas/MG	4
MG	Teófilo Otoni/MG	5
MG	Três Corações/MG	2
MG	Ubá/MG	3
MG	Uberaba/MG	3
MG	Viçosa/MG	3
MS	Aquidauana/MS	5
MS	Campo Grande/MS	6
MS	Corumbá/MS	8
MS	Coxim/MS	6
MS	Dourados/MS	3
MS	Ivinhema/MS	5
MS	Paranaíba/MS	6
MS	Ponta Porã/MS	3
MS	Três Lagoas/MS	6
MT	Cáceres/MT	8
MT	Cidade Vera/MT	5
MT	Cuiabá/MT	7
MT	Diamantino/MT	7
MT	Meruri/MT	6
MT	Presidente Murtinho/MT	3
PA	Altamira/PA	8
PA	Alto Tapajós/PA	8
PA	Belém/PA	8
PA	Belterra/PA	8
PA	Conceição do Araguaia	8
PA	Itaituba/PA	8
PA	Marabá/PA	8
PA	Monte Alegre/PA	8
PA	Óbidos/PA	8
PA	Porto de Moz/PA	8
PA	Santarém (Taperinha)/PA	8
PA	São Félix do Xingu/PA	8
PA	Soure/PA	8
PA	Tiriró/PA	8
PA	Tracuateua/PA	8
PA	Tucuruí/PA	8
PB	Arco Verde/PB	7
PB	Areia/PB	8
PB	Bananeiras/PB	8
PB	Campina Grande/PB	8
PB	Guarabira/PB	8
PB	João Pessoa/PB	8
PB	Monteiro/PB	6
PB	São Gonçalo/PB	7
PB	Umbuzeiro/PB	8

UF	Cidade	Zona
PE	Barreiros/PE	8
PE	Cabrobó/PE	7
PE	Correntes/PE	8
PE	Fernando de Noronha/PE	8
PE	Floresta/PE	7
PE	Garanhuns/PE	5
PE	Goiana/PE	8
PE	Nazaré da Mata/PE	8
PE	Pesqueira/PE	8
PE	Petrolina/PE	7
PE	Recife/PE	8
PE	São Caetano/PE	8
PE	Surubim/PE	8
PE	Tapera/PE	8
PE	Triunfo/PE	6
PI	Bom Jesus do Piauí/PI	7
PI	Floriano/PI	7
PI	Parnaíba/PI	8
PI	Paulistana/PI	7
PI	Picos/PI	7
PI	Teresina/PI	7
PR	Campo Mourão/PR	3
PR	Castro/PR	1
PR	Curitiba/PR	1
PR	Foz do Iguaçu/PR	3
PR	Guaíra/PR	3
PR	Guarapuava/PR	1
PR	Ivaí/PR	2
PR	Jacarezinho/PR	3
PR	Jaguariaíva/PR	2
PR	Londrina/PR	3
PR	Maringá/PR	1
PR	Palmas/PR	1
PR	Paranaguá/PR	3
PR	Ponta Grossa/PR	2
PR	Rio Negro/PR	2
RJ	Angra dos Reis/RJ	8
RJ	Barra do Itabapoana/RJ	5
RJ	Cabo Frio/RJ	8
RJ	Campos/RJ	5
RJ	Carmo/RJ	3
RJ	Cordeiro/RJ	3
RJ	Escola Agrícola/RJ	5
RJ	Ilha Guaiaba/RJ	8
RJ	Itaperuna/RJ	5
RJ	Macaé/RJ	5
RJ	Niterói/RJ	5
RJ	Nova Friburgo/RJ	2
RJ	Petrópolis/RJ	3
RJ	Piraí/RJ	3

UF	Cidade	Zona
RJ	Resende/RJ	3
RJ	Rio de Janeiro/RJ	8
RJ	Rio D'ouro/RJ	5
RJ	Teresópolis/RJ	2
RJ	Vassouras/RJ	3
RJ	Xerém/RJ	5
RN	Apodi/RN	8
RN	Ceará Mirim/RN	8
RN	Cruzeta/RN	7
RN	Florânia/RN	7
RN	Macaíba/RN	8
RN	Macau/RN	8
RN	Mossoró/RN	7
RN	Natal/RN	8
RN	Nova Cruz/RN	8
RO	Porto Velho/RO	8
RS	Alegrete/RS	2
RS	Bagé/RS	2
RS	Bom Jesus/RS	1
RS	Caxias do Sul/RS	1
RS	Cruz Alta/RS	2
RS	Encruzilhada do Sul/RS	2
RS	Iraí/RS	3
RS	Passo Fundo/RS	2
RS	Pelotas/RS	2
RS	Porto Alegre/RS	3
RS	Rio Grande/RS	3
RS	Santa Maria/RS	2
RS	Santa Vitória do Palmar	2
RS	São Francisco de Paula	1
RS	São Luiz Gonzaga/RS	2
RS	Torres/RS	3
RS	Uruguaiana/RS	2
SC	Araranguá/SC	2
SC	Camboriú/SC	3
SC	Chapecó/SC	3
SC	Florianópolis/SC	3
SC	Indaial/SC	3
SC	Lages/SC	1
SC	Laguna/SC	2
SC	Porto União/SC	2
SC	São Francisco do Sul/SC	5
SC	São Joaquim/SC	1
SC	Urussanga/SC	2
SC	Valões/SC	2
SC	Xanxerê	2
SE	Aracaju/SE	8
SE	Itabaianinha/SE	8

UF	Cidade	Zona
SE	Propriá/SE	8
SP	Andradina/SP	6
SP	Araçatuba/SP	5
SP	Avaré/SP	3
SP	Bandeirantes/SP	3
SP	Bariri/SP	3
SP	Barra Bonita/SP	3
SP	Campinas/SP	3
SP	Campos do Jordão/SP	1
SP	Casa Grande/SP	2
SP	Catanduva/SP	6
SP	Franca/SP	4
SP	Graminha/SP	3
SP	Ibitinga/SP	3
SP	Iguape/SP	5
SP	Itapeva/SP	2
SP	Jaú/SP	4
SP	Juquiá/SP	5
SP	Jurumirim/SP	3

UF	Cidade	Zona
SP	Limeira/SP	4
SP	Limoeiro/SP	4
SP	Mococa/SP	4
SP	Mogi Guaçu (Campininha)	3
SP	Paraguaçu Paulista/SP	6
SP	Pindamonhangaba/SP	3
SP	Pindorama/SP	6
SP	Piracicaba/SP	2
SP	Presidente Prudente/SP	6
SP	Ribeirão das Antas/SP	3
SP	Ribeirão Preto/SP	4
SP	Salto Grande/SP	3
SP	Santos/SP	5
SP	São Carlos/SP	4
SP	São Paulo/SP	3
SP	São Simão/SP	4
SP	Sorocaba/SP	3
SP	Tietê/SP	3
SP	Tremembé/SP	3
SP	Ubatuba/SP	3

UF	Cidade	Zona
SP	Viracopos/SP	4
SP	Votuporanga/SP	6
TO	Paraná/TO	6
TO	Peixe/TO	7
TO	Porto Nacional/TO	7
TO	Taguatinga/TO6	7

ANEXO B – Tabela de Estratégias

Zona		Estratégias
1	Inverno	B) AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO - a edificação deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir a insolação dos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios)
		C) VEDAÇÕES INTERNAS PESADAS (INÉRCIA TÉRMICA) – a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido. Obs.: o condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.
2	Inverno	B) AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO (INVERNO) – a edificação deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir a insolação dos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios)
		C) VEDAÇÕES INTERNAS PESADAS (INÉRCIA TÉRMICA) – a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido. Obs.: O condicionamento passivo será insuficiente durante o período mais frio do ano.
	Verão	J) VETILAÇÃO CRUZADA - a edificação deve ser implantada, considerando-se os ventos predominantes e os obstáculos do entorno, de modo a garantir a ventilação cruzada nos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios).
3	Inverno	B) AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO – a edificação deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir a insolação dos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios).
		C) VEDAÇÕES INTERNAS PESADAS (INÉRCIA TÉRMICA) – a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
	Verão	J) VETILAÇÃO CRUZADA - a edificação deve ser implantada, considerando-se os ventos predominantes e os obstáculos do entorno, de modo a garantir a ventilação cruzada nos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios).
4	Inverno	B) AQUECIMENTO SOLAR PASSIVO – a edificação deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir a insolação dos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios).
		C) VEDAÇÕES INTERNAS PESADAS (INÉRCIA TÉRMICA) – a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
	Verão	H) RESFRIAMENTO EVAPORATIVO e MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO – o resultado será obtido por meio de uso de vegetação, fontes de água e outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente do ambiente que se deseja resfriar. J) VENTILAÇÃO SELETIVA (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior a externa).
5	Verão	J) VETILAÇÃO CRUZADA - a edificação deve ser implantada, considerando-se os ventos predominantes e os obstáculos do entorno, de modo a garantir a ventilação cruzada nos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios).
	Inverno	C) VEDAÇÕES INTERNAS PESADAS (INÉRCIA TÉRMICA) – a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
6	Verão	H) RESFRIAMENTO EVAPORATIVO e MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO – o resultado será obtido por meio de uso de vegetação, fontes de água e outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente do ambiente que se deseja resfriar. J) VENTILAÇÃO SELETIVA (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior a externa).
	Inverno	C) VEDAÇÕES INTERNAS PESADAS (INÉRCIA TÉRMICA) – a adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
7	Verão	SOMBREAMENTO DAS FACHADAS – o sombreamento é recomendado nas fachadas e aberturas para esta zona D.1 – a edificação deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir que os cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios) não estejam voltados para a face oeste; ou D.2 – deve ser garantido o sombreamento das fachadas no caso de existência de cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios) voltados para a face oeste. Dicas: utilização de brises, varandas, beirais, pergolados, vegetação, anteparos, marquises ou outros recursos.
		H) RESFRIAMENTO EVAPORATIVO e MASSA TÉRMICA PARA RESFRIAMENTO – o resultado será obtido por meio de uso de vegetação, fontes de água e outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente do ambiente que se deseja resfriar. J) VENTILAÇÃO SELETIVA (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior a externa).
8	Verão	J) VENTILAÇÃO CRUZADA PERMANENTE – a edificação deve ser implantada, de modo a garantir a ventilação cruzada permanente nos cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios). Dicas: utilização de bandeiras com venezianas sobre as portas e janelas, forro ventilado. Obs.: o condicionamento passivo será insuficiente durante as horas mais quentes.
		SOMBREAMENTO DE FACHADAS - o sombreamento é recomendável nas fachadas e aberturas para esta zona. D.1 – a edificação deve ser implantada com orientação solar adequada, de modo a garantir que os cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios) não estejam voltados para a face oeste; ou D.2 – deve ser garantido o sombreamento das fachadas no caso de existência de cômodos de permanência prolongada (salas e dormitórios) voltados para a face oeste. Dicas: utilização de brises, varandas, beirais, pergolados, vegetação, anteparos, marquises ou outros recursos.

ANEXO C – Projeto de Lei N° 400/2011

PROJETO DE LEI N° 400/2011
(Do Sr. Deputado Wasny de Roure)

Dispõe sobre a obrigatoriedade de incluir área de “Telhado Verde” nos locais que especifica, e dá outras providências.

A CÂMARA LEGISLATIVA DO DISTRITO FEDERAL decreta:

Art. 1° Os projetos de edificações, residenciais ou não, com mais de 3 (três) unidades agrupadas verticalmente, protocolados na Administração Regional para aprovação, deverão prever a construção do “Telhado Verde”.

§ 1° - Entende-se por “Telhado Verde” a aplicação e uso de solo e vegetação sobre uma camada impermeável, instalada na cobertura ou laje.

§ 2° - O “Telhado Verde” poderá ter vegetação extensiva ou intensiva, de preferência nativa, e deve resistir ao clima tropical e as variações de temperatura, além de usar pouca água, de modo a não servir de habitat de mosquitos como o *Aedes Aegypti*.

§ 3° - A área do “Telhado Verde” deverá ser localizada preferencialmente, próxima a um reservatório para possibilitar o reaproveitamento das águas pluviais.

Art. 2° Para fins de aprovação, o “Telhado Verde” deverá conter como camadas fundamentais, no mínimo:

- I. terra vegetal;
- II. camada filtrante;
- III. camada drenante;
- IV. isolamento;
- V. impermeabilização;
- VI. camada de forma;
- VII. laje;

§ 1° - A área mínima do “Telhado Verde” será de 20% (vinte por cento) da área total da cobertura ou laje.

§ 2° - As edificações que possuírem coberturas individuais ao longo de toda a área superior terão, como área mínima do “Telhado Verde”, 80% (oitenta por cento) das lajes de área comum.

§ 3° - Nas edificações que possuírem área de lazer ou cobertura coletiva, contarão, para fins de consecução da área mínima, os jardins, plantas e qualquer tipo de vegetação fixa que foram previstos.

Art. 3° A área destinada pelas construções edificadas ao “Telhado Verde” será considerada, para todos os efeitos, como tendo as mesmas características da área permeável.

Art. 4° Fica, o Poder Executivo, autorizado a realizar campanhas, promover cursos e palestras para a divulgação das técnicas imprescindíveis à realização do projeto, como estrutura e tipos de vegetação e substrato.

Art. 5° Esta Lei será regulamentada no prazo de 90 (noventa) dias, contados de sua publicação.

Art. 6° Esta lei entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 7° Revogam-se as disposições em contrário.

JUSTIFICAÇÃO

O telhado verde é uma alternativa viável e sustentável perante os telhados e lajes tradicionais, porque facilita o gerenciamento de grandes cargas de águas pluviais, promove uma melhoria térmica e de serviços ambientais.

Ademais, proporciona um ambiente muito mais fresco do que outros telhados, mantendo o edifício protegido de temperaturas extremas, especialmente no verão, reduzindo em até 3°C. Estudos de bioclimatismo indicam que, com o uso de coberturas vivas, seja possível melhorar em 30% as condições térmicas no interior da edificação, sem recorrer a sistemas de climatização ou ar-condicionado artificiais.

O teto verde também mantém a umidade relativa do ar constante no entorno da edificação, forma um microclima e purifica a atmosfera no entorno da edificação, formando um microecossistema. Contribui no combate ao efeito estufa, aumentando o ‘sequestro’ (retirada) de carbono da atmosfera e ao mesmo tempo traz mais harmonia, bem estar e beleza para os moradores e/ou ocupantes da edificação.

Os custos de instalação de um telhado verde dependem do sistema e tecnologia adotados. Atualmente existem no Brasil tecnologias eficazes e simples de telhados verdes, permitindo rápida amortização do investimento pela economia de energia, quando em lajes planas. Outro fator de economia é a extensão da vida útil de uma cobertura com telhado verde em relação à convencional, sujeita a demandas de manutenção devido

à ação maior dos fatores climáticos, principalmente a impermeabilização, que fica menos propensa a fissuras pelas constantes mudanças de temperaturas.

Devido às agressões provocadas ao meio ambiente com os grandes centros urbanos, urge a aplicação de soluções construtivas que tenham menores impactos ambientais, que atendam a preservação dos espaços naturais e à relação do homem com a natureza. O telhado verde é apenas um dos componentes mais importantes e simples para amenizar e corrigir as distorções climáticas originadas pela ocupação do solo de forma não totalmente adequada pela aglomeração urbana.

Por fim, a Lei Orgânica do Distrito Federal reforça e complementa o disposto em nossa Carta Magna (art. 225), em seus arts. 278 e 279, *in verbis*:

Art. 278. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

...

Art. 279. O Poder Público, assegurada a participação da coletividade, zelará pela conservação, proteção e recuperação do meio ambiente, coordenando e tomando efetivas as ações e recursos humanos, financeiros, materiais, técnicos e científicos dos órgãos da administração direta e indireta e deverá:

I - planejar e desenvolver ações para a conservação, preservação, proteção, recuperação e fiscalização do meio ambiente;

...

VI- exercer o controle e o combate da poluição ambiental;

...

XXII – promover a educação ambiental, objetivando a conscientização pública para a preservação, conservação e recuperação do meio ambiente;

Ante todo o exposto, conclamamos os nobres pares a apoiarem o presente Projeto de Lei.

Sala de Sessões, de de 2011

Deputado **WASNY DE ROURE**